

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.Ф. Луговський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

з спеціальності **131 Прикладна механіка**
(код і назва)

на тему: Навчальний стенд “Фланцеві з’єднання трубопроводів”
Пояснювальна записка

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-51
(шифр групи)

Завалій Олександр Павлович
(прізвище, ім’я, по батькові) _____ (підпис)

Керівник Гришко І.А., к.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Консультант з охорони праці _____ асистент Ковтун А.І.
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М.
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут механіко-машинобудівний
(повна назва)

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки
(повна назва)

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) О.Ф. Луговський
(прізвище ініціали)

“ _____ ” _____ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту**

Завалію Олександрю Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

*1.Тема проекту: Навчальний стенд “Фланцеві з’єднання трубопроводів”
Пояснювальна записка*

керівник проекту Гришко І.А., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ 22 ” травня 2019 року № 1326-с

2.Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту _____

4.Зміст пояснювальної записки _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслень, плакатів, презентацій тощо) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	асист. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Завалій О.П.		
Перевір.		Гришко І.А.		
Реценз.				
Н. Контр.		Гришко І.А.		
Затверд.				

Навчальний стенд "Фланцеві
з'єднання трубопроводів"
Пояснювальна записка

Літ.	Арк.	Акрушів
	6	120

ММІ, НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського"

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НАВЧАЛЬНИХ СТЕНДІВ ДЛЯ АЕС	15
1.1 Атомна енергетика: ядерна енергія та її використання.....	15
1.2 Огляд, особливості та принцип дії атомних електростанцій.....	20
1.3 небезпечні ситуації на АЕС та шляхи їх попередження	24
1.4 Навчання персоналу на АЕС	27
Висновки до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ “ФЛАНЦЕВІ З’ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ”.....	37
2.1 Різновиди фланцевих з’єднань.....	37
2.2 Виконання гідравлічної схеми “Фланцеві з’єднання трубопроводів”	41
2.3 Принцип роботи випробовувальної станції.....	46
Висновки до розділу 2	48
РОЗДІЛ 3. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ “ФЛАНЦЕВІ З’ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ”	50
3.1 Розрахунок об’єму U-подібного трубопроводу тренажера	50
3.2 Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів	56
3.3 Підбір гідравлічного обладнання	67
3.4 Підбір електричного обладнання для керування навчальним стендом.....	77
Висновки до розділу 3	80

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	82
4.1 Технологічний контроль креслення	82
4.2 Вибір заготовки	83
4.3 Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту	84
4.4 Вибір типового технологічного процесу	85
Висновки до розділу 4	89
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	90
5.1 Опис приміщення	90
5.2 Напруженість трудової діяльності користувача ПК.....	92
5.3 Мікроклімат робочого місця	92
5.4 Освітлення приміщення.....	94
5.5 Електробезпека	96
5.6 Пожежна безпека.....	97
5.7 Рівень шуму на робочому місці	98
5.8 Ергономіка робочого місця.....	98
Висновки до розділу 5	100
ВИСНОВКИ	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:	103
ДОДАТОК А. ЗОНА РОЗТАШУВАННЯ ТРЕНАЖЕРА	107
ДОДАТОК Б. ДІЛЯНКИ ТРЕНАЖЕРА ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ	108
ДОДАТОК В. РОЗРАХУНОК ОПОРИ ТРЕНАЖЕРА НА МІЦНІСТЬ.....	115

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської дипломної роботи Завалія Олександра Павловича
на тему: “Навчальний стенд “Фланцеві з’єднання трубопроводів”

Дана дипломна робота присвячена розробці навчального стенду під назвою “Фланцеві з’єднання трубопроводів” з метою професійного навчання і підготовки ремонтного персоналу, що працює на АЕС та стежить за справністю і надійністю роботи усіх трубопроводів, що сприяють охолодженню реакторів, а як наслідок, - уникненню несприятливих ситуацій на станції.

У дипломній роботі проведено детальний теоретичний аналіз атомної енергії та енергетики, наведено особливості та принцип дії АЕС. Було розглянуто небезпечні ситуації, що можуть виникнути на станції при неправильному догляді за нею. Обґрунтовано необхідність навчання ремонтного персоналу АЕС за допомогою спеціальних тренажерів та наведено приклади реального обладнання для випробування з’єднань трубопроводів.

Було розглянуто різновиди фланцевих з’єднань трубопроводів та особливості побудови тренажеру під назвою “Фланцеві з’єднання трубопроводів”. Для більш чіткого уявлення будови тренажеру та керування ним наведено гідравлічну та електричну схеми.

Наведено усі необхідні розрахунки для створення навчального стенду, розроблено його 3D-модель. Описано методику проведення випробування навчального стенду “Фланцеві з’єднання трубопроводів”.

Дипломна робота виконана з використанням таких програмних засобів і комп’ютерних технологій, як MS Word (оформлення текстової частини), MS Excel (обробка цифрових даних та розрахунків показників), КОМПАС-3Dv18.1 (побудова 3D-моделі стенду) та Internet (опрацювання частково взятих науково-теоретичних та аналітичних матеріалів).

Ключові слова: АЕС, енергія, фланцевий, з’єднання, трубопроводи, тренажер, стенд, ремонтний персонал, працівники.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

to the bachelor's thesis by Zavalii Oleksandr Pavlovich
on the topic: "Training bench of pipes flange connection"

The aim of the diploma thesis is the development of a training bench of pipes flange connection for the professional training of repair personnel working at the NPP and monitoring the serviceability and reliability of the operation of all pipelines that facilitate the cooling of reactors, and avoidance unfavorable situations at the station.

In the thesis a detailed theoretical analysis of atomic energy and energy was carried out, features and principle of the NPP are presented. The dangerous situations that may occur at the station with poor care of her were considered. The necessity of training NPP repair personnel with the help of special simulators was substantiated and examples of the real equipment for testing of pipeline connections are given.

Variants of flange connections of pipelines and features of construction of a simulator under the name "Flange connections of pipelines" were considered. For a more accurate representation of the structure of the simulator and its management the hydraulic and electrical diagrams are given.

All the necessary calculations for creating the training bench are presented, its 3D model is developed. The method of testing the training bench of pipes flange connection is described.

The thesis is executed using such software and computer technologies as MS Word (text part design), MS Excel (processing of digital data and calculation of indicators), COMPASS-3Dv18.1 (3D model construction of the bench) and Internet (processing partly taken scientific-theoretical and analytical materials).

Key words: nuclear power plant (NPP), energy, flange, connection, pipes, simulator, bench, repair staff, personal.

					<i>ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АС	– атомна станція
АЕС	- атомна електростанція
ВВЕР	- водо-водяний енергетичний реактор
ГОСТ	- “государственный стандарт” (міждержавний стандарт СНД)
ДП	- державне підприємство
ДСТУ	- Державний стандарт України
ЗАЕС	- Запорізька атомна електростанція
МЄВПУ	- Міністерство енергетики та вугільної промисловості України
НАЕК	- національна атомна енергогенеруюча компанія
НТУУ “КПІ ім. І. Сікорського”	- Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
НТЦ	- навчально-тренувальний центр
ПК	- персональний комп’ютер
ППР	- планово-попереджуваний ремонт
РР	- робоча рідина
САР	- система аварійного реагування
СНД	- Співдружність Незалежних Держав
СРСР	- союз радянських соціалістичний республік
США	- сполучені штати Америки
ТТО	- транспортно-технічне обладнання
ХАЕК	- Хмельницька атомна електростанція
ЧПК	- числове програмне керування
НРР	- nuclear power plant

ВСТУП

Фланцеве з'єднання є одним із найпоширеніших методів стикування промислових трубопроводів між собою. За допомогою нього може бути з'єднано труби як магістрального опалення, водо- та газопостачання, так і багато інших. Особливо часто даний вид з'єднання застосовується на атомних електростанціях, де надзвичайно важливо відслідковувати саме становище та герметичну цілісність трубопроводів, які відповідають за одну з найголовніших задач на АЕС – охолодження реакторів. Ні для кого не секрет, що атомні електростанції продукують найменше відходів порівняно з іншими видами електростанцій. Проте необхідно дотримуватися правил користування АЕС та постійно аналізувати справність охолодження реакторів. Якщо не приділяти значної уваги на цілісність та надійність труб, реактори не будуть нормально охолоджуватися. У результаті можливі такі неминучі для країни та її населення наслідки, як вибух ядерного реактора та страшне екологічне забруднення радіацією. Щоб не допустити цього, необхідно проводити систематичну перевірку трубопроводів. Дану перевірку можна здійснити за допомогою різноманітних приладів, як механічних, так і електронних, а також шляхом візуального огляду. Задля забезпечення високого рівня кваліфікації працівників потрібно навчати діяти в різноманітних ситуаціях за допомогою наукових лабораторій та стендів, які повторюють реальні середовища.

Проаналізувавши дані Міністерства енергетики та вугільної промисловості України (МЕРПУ), можна зробити висновок, що до 2035 року рівень використання як джерел енергії нафти, вугілля та природного газу буде відносно нижчим порівняно з теперішнім часом. Натомість головними джерелами енергопостачання стануть поновлювані джерела енергії, серед яких термальні джерела, вітер, сонце і вода, та атомні електростанції [1]. Тобто можна прийти до висновку, що механізм видобування атомної енергетики буде стрімко покращуватися.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тобто ми бачимо, що на даний час атомна електроенергія є широко застосованою по всьому світу. Окрім цього вона є перспективним напрямом по видобуванні електроенергії у майбутньому, незважаючи на певні проблеми з правильною їх експлуатацією. З огляду на вищесказане можна узагальнити, що саме через питання обслуговування реакторів АЕС буде за доцільне розглянути такий механізм, як навчальний стенд для перевірки з'єднань трубопроводів.

Питання навчального тренажера для перевірки з'єднань трубопроводів на теперішній час ще не є достатньо вивченим. Серед вчених-інженерів, що досліджували дану проблему, можна виділити таких, як Білик С.І., Бут М.О., Мацієвська О.О., Новіков А.Д., Кононенко А.С., Семенцов А.А. та багато інших. Дана конструкція не широко розповсюджена і застосовується в основному закордоном.

В Україні дана конструкція використовується лише на Запорізькій АЕС. Призначення даного тренажера полягає в проведенні практичного навчання з технічного обслуговування і ремонту фланцевих елементів трубопроводів і обладнання АЕС, в умовах максимально наближених до реальних, здійснення контролю якості виконаних робіт, перевірки набутих навичок.

Об'єктом дослідження виступає навчальний стенд для перевірки фланцевих з'єднань трубопроводів.

Предмет дослідження – створення навчального стенду для перевірки фланцевих з'єднань трубопроводів.

Мета дипломної роботи полягає в розробці та втіленні в практичне застосування навчального стенда для перевірки фланцевих з'єднань трубопроводів для навчання персоналу з технічного обслуговування обладнання АЕС.

Для досягнення мети дипломного завдання поставлено такі завдання:

1. аналіз існуючих навчальних стендів для АЕС;
2. розробка гідравлічної схеми стенду;
3. проведення гідравлічного розрахунку;
4. підбір необхідних елементів на основі вихідних даних;

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. конструювання вигляду навчального стенда шляхом побудови 3D-моделі.

Дане дослідження проводилося на основі наступних методів: аналіз та синтез, моделювання, порівняння, узагальнення, метод системного аналізу, історичний метод, розрахунок та вимірювання.

Дипломна робота складається з: вступу, 5 розділів, що включають 23 підрозділів, висновків, списку використаних джерел із 29 найменувань і 3 додатків. У тексті дипломної роботи міститься 19 таблиць і 42 рисунків. Загальний обсяг роботи ... листів.

					<i>ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НАВЧАЛЬНИХ СТЕНДІВ ДЛЯ АЕС

Роль атомної енергії часто недооцінюють. Варто відмітити те, що вона займає значне місце у світі через дешевизну видобування та відсутність небезпечних викидів при правильному використанні обладнання, за допомогою якого вона створюється. Окрім того, вчені стверджують, що поблизу АЕС рівень радіації набагато нижче, порівняно з областями видобутку вугілля та газу.

Атомна енергетика пройшла непростий етап розвитку, що почався з 1950-х років і триває донині. Наразі весь світ використовує таку галузь, як ядерна енергетика, насамперед у мирних цілях.

За допомогою АЕС виробляють ядерну енергію. Основою станції є ядерний реактор, у якому відбувається процес ядерного поділу. Найпоширенішими у світі є двоконтурні АЕС.

Проте іноді через необачність та людський фактор можливе виникнення таких небезпечних ситуацій на АЕС, як порушення нормальної експлуатації, аварійна ситуація на станції, неконтрольований викид радіації та інших відходів тощо. Запобігти цьому можливо лише при систематичній перевірці функціонування АЕС та підвищенні рівня кваліфікації робітників.

1.1 Атомна енергетика: ядерна енергія та її використання

Атомна (ядерна) енергія – це сукупність внутрішньої енергії атомних ядер, що виділяється при розпаді останніх. Розпад чи так звані перетворення можуть відбуватися чи то спонтанно, чи то у зв'язку зі зіткненням з певними іншими частинками. Ядерна енергія обумовлена силами, що діють між нейтронами та протонами.

Для отримання атомної енергії використовують ланцюгову реакцію ділення ядер ізотопів. Ядра починають ділитися при влученні в них нейтронів, при цьому утворюються нові нейтрони та осколки, які мають велику кінетичну

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергію. У результаті зіткнень уламків з іншими атомами кінетична енергія швидко перетворюється на тепло [2].

Якщо в основі електричної чи теплової енергії лежить процес спалювання таких паливних природних копалин, як вугілля, нафти та природного газу, то в основі атомної енергії - поділ ядер атомів урану та плутонію [2].

Атомна енергія широко використовується у всьому світі. Якщо раніше вона використовувалася насамперед у цілях ведення військових дій, створення ядерної зброї тощо, то станом на сьогоднішній день даний вид енергії застосовується лише в мирних цілях.

Атомна енергія використовується в наступних напрямках:

1. енергетиці;
2. побудові суден з ядерними установками;
3. побудові атомних підводних човнів;
4. створенні ядерних двигунів для літаків та космічних кораблів.

Масштаби видобутку та використання природних викопних ресурсів, води, повітря є особливо великими, натомість запаси ресурсів є значно обмеженими людству. Постає гостра проблема стрімкого вичерпування доступних запасів природних ресурсів, а особливо енергоресурсів. Дану проблему в змозі вирішити така галузь промисловості, як атомна енергетика.

Атомна енергетика – це галузь промисловості, що базується на перетворенні ядерної енергії в теплову для використання її у виробництві електричної енергії чи з іншою метою [3].

Становлення ядерної енергетики зумовлене потребами окремої країни, що виникають у період часу. Загалом же історію розвитку цієї галузі можна розділити на 4 етапи [4]:

1. Перший етап тривав з 1950 по 1960 рік і пов'язаний він насамперед із початком введення в експлуатацію історично перших атомних електростанцій в таких країнах, як СРСР (1954 р.), Велика Британія та США – відповідно 1956 та 1957 роки. Даний етап характеризується

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кардинальними змінами в енергетичному балансі світу, що проявляються у переході до нафти, та появою проблем ефективного транспортування енергоресурсів. У наслідку постає проблема у додаткових джерелах енергії

і виникає стимул до побудови перших АЕС.

2. Другий етап починається з 1960-х рр. та триває близько 10 років. Він пов'язаний із стрімким обмеженням поставок нафти, зростанням ціни на неї та погіршенням стосунків із арабськими країнами у зв'язку з військовими конфліктами на їх територіях. Усі ці обставили підштовхують певний перелік країн до створення власних енергетичних баз за допомогою атомних електростанцій.
3. Наступний етап тривав 10 років, починаючи з 1980 року. Цей етап характеризується страшними аваріями на АЕС у США та СРСР. Наслідком стало уповільнення темпів будівництва нових атомних електростанцій та звернення значної уваги на забезпечення безпечної роботи реакторів та утилізацію накопичених відходів.
4. Четвертий етап розвитку світової ядерної енергетики розпочався у 2000-х роках і триває по сьогодні. Протягом даного етапу атомна енергетика починає набирати підйому, що обумовлено масштабним будівництвом АЕС у країнах Азії, але разом з цим спостерігається посилення вимог до регулювання безпеки об'єктів галузі, закриття старих атомних електростанцій тощо.

Сьогодні центром атомної енергетики стали такі країни Азії, як Китай, Японія, Північна Корея, Тайвань та Індія. Окрім заданих країн, стратегії розвитку атомної енергетики прийняли США та Росія. Загалом же розміщення атомних станцій зможемо побачити на рис.1.1.

Ядерна енергетика цілком спроможна замінити собою теплову та інші види електроенергії. Основними перевагами атомної енергетики постають наступні:

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. атомна енергетика не споживає кисню і продукує мінімальну кількість відходів при правильному використанні;
2. вона ніяким чином не впливає на створення “парникового ефекту” і не прискорює процес глобального потепління на нашій планеті;
3. є більш економічно доцільною, порівняно з іншими видами енергетики, адже хоч на будівництво АЕС і витрачається значна сума коштів, проте у подальшому використанні витрати на продукування електроенергії наближаються до мінімальних;
4. не створює особливих транспортних проблем, адже не потребує значних транспортних витрат, що облегшує життя суспільство та звільняє від тягара постійних перевезень величезних об’ємів органічного палива;
5. є незалежною від розміщення паливно-сировинної бази;
6. енергоємність ядерного палива (1 грам ядерного палива прирівнюється до тони вугілля).

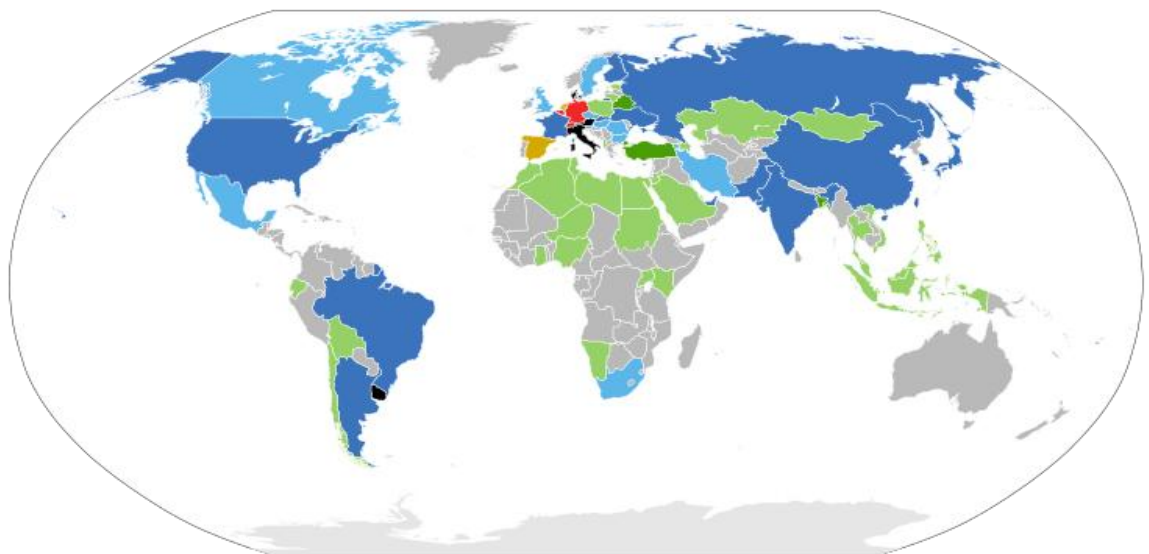


Рис.1.1. Атомні електростанції у світі

Пояснення до рис.1.1:

- Експлуатуються та будуються нові енергоблоки.
- Експлуатуються атомні електростанції та планується будівництво нових.
- Немає, проте станції будуються.
- Планується будівництво.
- Експлуатуються АЕС без перспектив подальшого будівництва.
- Розглядається скорочення кількості АЕС.

- Цивільна ядерна енергетика заборонена законом.
- Немає АЕС.

Джерело: створено автором на основі [5].

Як бачимо, атомна енергетика має широке коло переваг, але опоненти вбачають і недоліки використання, до яких належать:

- жахливі наслідки аварій на атомних електростанціях;
- механічний вплив при будівництві на рельєф;
- стік поверхневих і грантових вод, що містять хімічні та радіоактивні компоненти;
- зміна характеру землекористування й обмінних процесів у безпосередній близькості до АЕС;
- зміна мікрокліматичних характеристик прилеглих регіонів;
- шумовий та електромагнітний вплив на працівників станцій;
- використання надзвичайно великого об'єму води у цілях виробництва;
- вилучення ділянок землі під побудову АЕС тощо.

Наочно зможемо розглянути особливості впливу функціонування АЕС на природне середовище за допомогою блок-схеми, зображеної на рис. 1.2.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

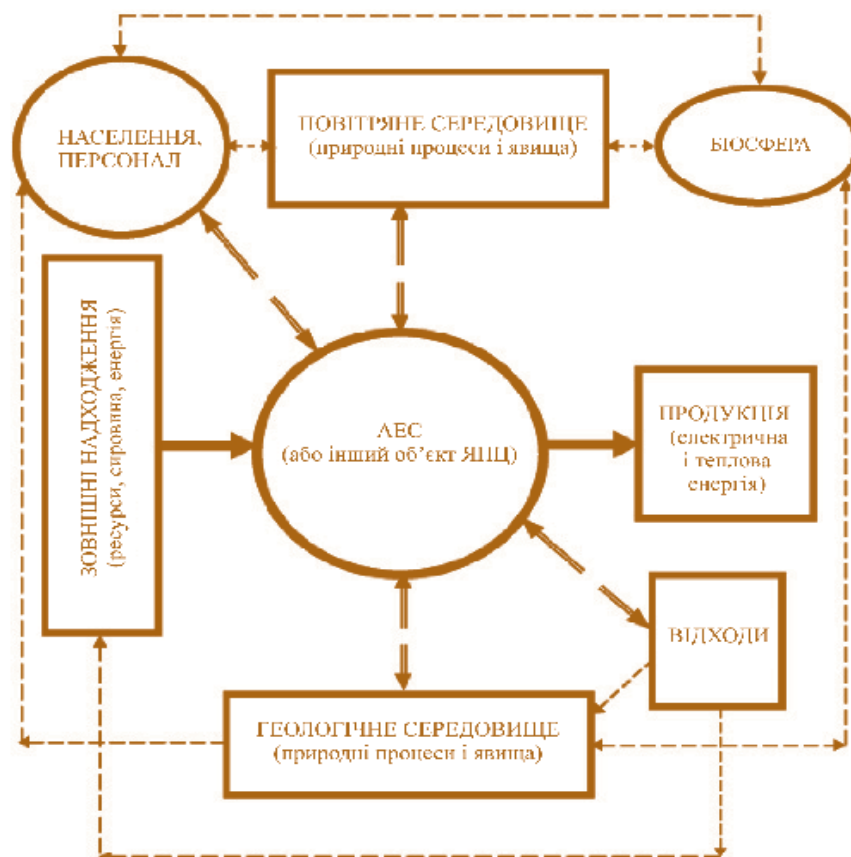


Рис.1.2. Блок-схема впливу роботи АЕС на навколишнє середовище [6]

Наведена вище схема показує напрямки природних та технологічних процесів, що визначають загальну безпеку функціонування об'єкта з ядерно-паливним циклом, стійкість споруд та екологію середовища у зоні впливу станції.

Зазвичай більшість із наслідків використання ядерної енергії виникають не самі по собі, а у зв'язку з так званим людським фактором. При проектуванні та будівництві АЕС необхідно враховувати усі природні умови та саме розміщення. Розглянемо ж особливості АЕС у наступному підрозділі.

1.2 Огляд, особливості та принцип дії атомних електростанцій

Всього лиш за 100 років атомна енергетика подолала шлях від перших лабораторних експериментів до будівництва та експлуатації величезних атомних електростанцій.

Атомна електростанція (АЕС) – це таке промислове підприємство, на якому атомну енергію трансформують на електричну. Найперша в світі АЕС

потужністю 5 МВт почала свою роботу 27 червня 1954 у Радянському Союзі, нині місто Обнінськ, Калузької обл. Наступною запустилася на два роки пізніше станція у Англії. Через рік відбувся запуск третьої у світі АЕС у США[3].

Ядерний реактор є основною частиною АЕС. Саме в ньому міститься джерело енергії – ядерне паливо, яке являє собою двоокис урану, збагачений його ж ізотопом $^{235}\text{U}_{92}$. Ланцюгові атомні реакції поділу, що відбуваються в активній зоні основній частині станції, супроводжуються вивільненням тепла, яке переноситься в парогенератор. В останньому через процес нагрівання води формується насичена пара. Наступним кроком є надходження пари у турбіну, що призводить у рух електрогенератор, який здійснює перетворення механічної енергії на електричну. У конденсатор надходять залишки пари, де останні конденсуються і повертаються для повторного використання. Описана схема є двоконтурною і найпопулярнішою. Перший контур атомної електростанції – це переміщення тепла до парогенератора, а другий – це перенесення пари до турбіни [3].

В киплячих реакторах – до турбіни спрямовується нагріта пара. В активній зоні ректора рідкий метал, що зазвичай являє собою теплоносієм, перетворюється на радіоактивний. У результаті формується так званий проміжний контур, що попереджає контакт пари та натрію.

В атомному реакторі енергія видозмінюється на теплову та надходить завдяки теплоносію через трубопроводи до парогенератора, у якому тепло передається робочому тілу через поверхню нагріву. Контур замикається у той час, коли вода спрямовується до реактора за допомогою циркуляційного насоса. Електрична енергія утворюється шляхом переходу механічної, яка в свою чергу створюється обертанням валу турбіни під впливом тиску насиченої пари.

Наступним кроком регенеративна система низького тиску прокачується сконденсованою парою за допомогою насоса. Далі через систему високого тиску вода знову надходить до парогенератора [7].

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Атомна електростанція не зможе нормально функціонувати без таких частин, як:

1. насоси, а саме живильні й циркуляційні;
2. водопідігрівники;
3. деаератори, робота яких направлена на видалення розчинених газів;
4. різноманітні системи очищення теплоносія та інші.

Немалу увагу відводять саме біологічному захистові. Для його забезпечення нерідко застосовують шари бетону, графіту, сталі тощо. Окрім цього, широко використовують інструменти автоматики та телемеханіки із застосуванням автоматизованої системи керування. Окрім стаціонарних АЕС, які зводять у місцях з лімітованим чи дорогим органічним паливом або гідроенергії, створюють невеликі за потужністю пересувні електростанції, що застосовують у районах, що є віддаленими від сталих джерел енергії.

Існують також і атомні теплоелектроцентралі, на яких виробляють теплову енергію, окрім електричної. Першу використовують для таких потреб, як побутовий нагрів, опріснення морської води тощо [3].

Загалом же схему побудови атомної електростанції зможемо побачити на рис. 1.3.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

української ядерної енергетики зумовлена усіма факторами та аналізом потреб країни та їх задоволення в енергетиці. Саме такий шлях і відповідає світовій тенденції.

1.3 Небезпечні ситуації на АЕС та шляхи їх попередження

Як раніше говорилося, АЕС самі по собі досить безпечні при їх правильному функціонуванні. У разі певного, навіть незначного порушення в системі обладнання чи в роботі реактора можуть виникнути небезпечні ситуації, серед яких доцільно виділити порушення нормальної експлуатації, аварійна ситуація на станції, неконтрольований викид радіації чи інших відходів тощо.

Конфлікт щодо застосування атомної енергії є такий же давній, як і її комерційне використання. Незважаючи на розвиток технологій атомної енергетики, загроза вибуху є актуальною і донині. І, на жаль, ядерно-стійкий реактор залишається лише мрією.

Розрізняють наступні види аварій та небезпечних ситуацій на АЕС [9]:

1. промислова аварія характеризується тим, що її прогнозовані наслідки не зможуть ніяким чином розповсюдитися за межі виробничих приміщень, а загрозу опромінення має лише персонал. Якщо цей тип аварії було оголошено, потрібно розробити та здійснити заходи стосовно зменшення наслідків аварії та забезпечення захисту працівників.
2. аварія на майданчику характеризується стрімким зниженням захисту працівників АЕС та осіб, що перебувають поблизу. За умови оголошення цього виду аварії необхідно терміново здійснити заходи з мінімізації можливих наслідків, забезпечення охорони працівників, а також населення і території поза майданчиком при необхідності.
3. комунальна аварія має значну загрозу, адже її наслідки поширюються на прилеглі до АЕС території, на яких проживає населення. Якщо цей тип

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аварії було оголошено, потрібно знову ж таки забезпечити виконання усіх можливих заходів щодо захисту працівників станції і населення та приведення до мінімуму можливих наслідків.

4. аварійна готовність – це одна з небезпечних подій на АЕС. Вона характеризується неочевидним скороченням рівня захисту працівників станції чи населення. За умови оголошення цього виду аварії доцільно терміново здійснити певні заходи стосовно оцінки можливих наслідків події, їх мінімізації та необхідно підвищити рівень готовності до небезпеки на майданчику АЕС.

Аварії відносять до того, чи іншого типу залежно від показників, як кількісних, так і якісних, перевищення порогових значень критеріїв тощо.

На будь-якій АЕС доцільно дотримуватися принципів радіаційної безпеки. Забезпечення радіаційної безпеки виражається в дотриманні максимально допустимих меж, що встановлюються відповідними нормами, правилами чи стандартами, випромінювання на навколишні території, їх населення та самий персонал станції.

Задля забезпечення радіаційної безпеки працівників АЕС, прилеглих територій та їх населення варто дотримуватися наступних основних принципів.

Принцип неперевершення полягає в запобіганні перевищення допустимих меж радіаційного випромінювання та інших норм і нормативів.

Принцип оптимізації вимагає підтримання на якнайнижчому рівні, при чому у межах допустимих норм, колективних та індивідуальних доз опромінення. За умов аварії даний принцип повинен використовуватися щодо заходів захисту з урахуванням попередженої дози опромінення і збитків, що пов'язані з втручанням.

Принцип виправданості полягає в забороні усіх видів діяльності, що пов'язані із застосуванням джерел випромінювання, при якому отримана користь для людей не перевищувала б ризик ймовірної шкоди, яка може бути заподіяна радіоактивним випромінюванням. Згаданий принцип необхідно враховувати при прийнятті рішень відповідними органами влади при

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектуванні нових джерел випромінювання, об'єктів підвищеної радіаційної безпеки тощо.

Варто зауважити, що на усіх АЕС існує система аварійного реагування (САР), що являє собою взаємопов'язаний комплекс технічних та людських ресурсів, а також організаційно-технічних заходів, що зазвичай здійснюються підлеглими працівниками станції під наглядом безпосереднього керівництва з ціллю уникнення або ослаблення впливу негативних наслідків від аварії чи форс-мажорної ситуації на працівників, прилеглі території та населення, що проживає на них [10].

До основних завдань САР можна віднести:

- стрімке здійснення реагування на надзвичайні ситуації та аварії на АЕС;
- убезпечення постійної готовності до ліквідації аварій, інших форс-мажорних ситуацій та їх наслідків;
- розробка та швидке здійснення заходів стосовно захисту працівників АЕС, прилеглих до неї територій та населення, що проживає поблизу.

Радіаційну безпеку на АЕС та навколо неї можна забезпечити за рахунок:

1. якості проекту об'єкта;
2. зонування території навколо обраного об'єкту;
3. організацією радіаційного контролю та системи інформації стосовно радіаційної обстановки;
4. фізичного захисту джерел випромінювання;
5. санітарно-епідеміологічної оцінки виробів і технологій;
6. підвищення грамотності працівників станції;
7. проведення різноманітних заходів стосовно забезпечення радіаційної безпеки персоналу та населення, що проживає на прилеглих територіях, при нормальній роботі станції, її реконструкції чи виведення з експлуатації тощо.

Як бачимо, існує достатньо багато шляхів, за допомогою яких можна забезпечити радіаційну безпеку на АЕС. І процес утримання та підвищення

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпеки є неперервним, адже постійно проводяться різноманітні дослідження безпеки на АЕС, новий досвід експлуатації тощо. Саме тому як і закордонні, так й українські науковці у сфері атомної енергетики не зупиняться на досягнутому і в подальшому будуть забезпечувати належний рівень безпеки АЕС відповідно до нових затверджених стандартів та норм.

Важливо відмітити ще й те, що на теперішній час досить частою є практика створення різноманітних лабораторій, тренажерів та навчальних стендів з метою забезпечення належного рівня безпеки на АЕС, навчання й підвищення рівня компетенції та кваліфікації щодо запобігання негативних наслідків від можливих небезпек.

1.4 Навчання персоналу на АЕС

Задля уникнення небезпечних ситуацій на АЕС необхідно постійно перевіряти обладнання на міцність та надійність. Цим займається саме персонал станції, тому, на думку автора, його не потрібно обділяти увагою. Адже неможливо, принаймні на даний час, розробити таку систему перевірки реакторів АЕС, що змогла б працювати самостійно і без навіть мінімального втручання людини. Саме тому вважається за доцільне проводити систематичне навчання персоналу на структурних підрозділах АЕС, певних галузевих організаціях, різних професійно-технічних училищах, навчально-тренувальних центрах тощо, що б змогли нормально забезпечити організацію та координацію навчального процесу.

Спершу професійна підготовка персоналу базується зазвичай аналізі професійної діяльності окремого працівника. Після цього уже на основі аналізу можливим стає розробка різноманітних курсів, програм тощо. Окрім цього, варто зауважити, що важливим є індивідуальний підхід до кожного працівника. Наступним кроком є безпосереднє проведення навчання персоналу відповідно до розроблених програм, оцінювання та контроль. Фінальним етапом постає не менш важливе здійснення зворотного зв'язку за результатом контролю.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед одних із найважливіших принципів професійного навчання персоналу на АЕС відмічають наступні [11]:

1. зацікавленість самих працівників станції у навчанні та професійній підготовці (є одним із найголовніших принципів), підтримання та підвищення рівня кваліфікації;
2. безперебійність у навчанні;
3. культура безпеки, що є надзвичайно важливим принципом саме на АЕС;
4. забезпечення належної якості професійної підготовки працівників;
5. прийняття до уваги та застосування на практиці міжнародного досвіду експлуатації реакторів АЕС.

Найчастіше на АЕС для навчання персоналу використовуються навчально-тренувальні центри. НТЦ являють собою спеціалізовані структурні підрозділи, на яких організовується та проводиться спеціальна підготовка персоналу з метою підтримки та підвищення професійних якостей окремих працівників, формування відповідних навичок поведінки на АЕС при різних ситуаціях, її безпечної експлуатації, прийняття до уваги принципів культури безпеки тощо.

Не менш важливою складовою роботи НТЦ є постійне підтримання та підвищення кваліфікації ліцензованого персоналу. Найчастіше воно проводить за двома напрямками. Перший передбачає ліцензування на провадження діяльності посадових осіб, до обов'язків яких входить розробка та реалізація різноманітних організаційно-розпорядчих функцій, що пов'язані із забезпеченням радіаційної безпеки, та робота яких може виконуватися лише за умови наявності відповідної ліцензії.

Другий напрям має на меті ліцензування діяльності тільки тих працівників, що пов'язані із безпосереднім управлінням ядерними установками на АЕС.

Розглянемо особливості навчання персоналу на прикладах Хмельницької та Запорізької АЕС.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Станом на теперішній час в ХАЕС існує НТЦ, на якому проводиться професійна підготовка персоналу, постійно розробляється низка навчально-методичних матеріалів (план заняття, посібник учня, роздатковий та презентаційний матеріал) тощо [12].

НТЦ проводить систематичне навчання персоналу, яке відбувається на робочих місцях. Задля цього висококваліфіковані працівники пройшли тривалу підготовку у ролі менторів. На спеціально розробленому тренажері НТЦ розповсюдженою є автоматизована система, призначена для реєстрації і повноцінного аналізу знань. У даній АС реалізована ідея так званого єдиного інформаційного простору, а реєстрація різноманітних форм інформації (технологічної, відео-, аудіо- тощо) допускає змогу наочно показати працівникам, що задіяні в проходженні тренажерної підготовки, їхні дії в процесі розв'язання завдань з тренування, сильні та слабкі сторони, різні помилки у ході розв'язання і т.п. Окрім цього, існує можливість демонстрації так званих "ідеальних" дій занотований АС під час навчання інших змін, що можуть продемонструвати як правильні, так і неправильні дії.

З метою втілення на практиці завдання навчання та підготовки працівників ХАЕС, що займаються ремонтними роботами, в НТЦ було спершу створено, а потім реалізовано декілька тренажерів, що відповідають реальним частинам енергоблоку і надають змогу здійснювати практичне навчання і підвищення кваліфікаційного рівня до початку ремонту. Персонал, що здійснює ремонтні роботи, має пройти практичну підготовку в основному на тренажерах фланцевих з'єднань. Динаміку підготовки персоналу ХАЕС за допомогою спеціальних тренажерів зможемо розглянути на рис. 1.4.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

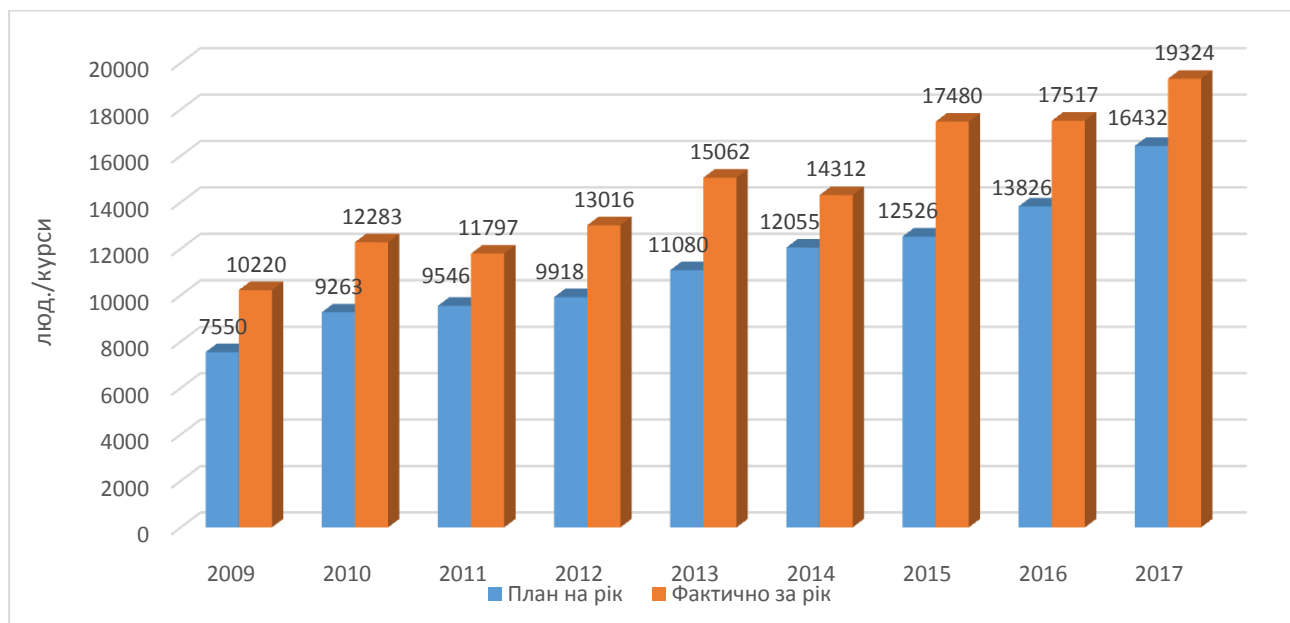


Рис.1.4. Динаміка підготовки персоналу на ХАЕС за допомогою тренажерів протягом 2009-2017 рр.

Джерело: розроблено автором на основі даних [12].

Також проходження практики ремонтного персоналу відбувається на тренажерах насосного обладнання, стендах з трубопровідними засувками і вентилями. Підготовка операторів транспортно-технологічного обладнання (ТТО) разом з фахівцями-фізиками, що контролюють увесь процес, здійснюється на тренажерах перевантажувальної машини перед кожним планово-попереджувальним ремонтом (ППР). Працівники, що виконують зварювальні роботи, мають в обов'язковому порядку пройти перекваліфікацію у майстерні зварювання.

Підготовка працівників, що займаються ремонтними роботами, відбувається за допомогою спеціального тренажера і перед ППР підштовхує до формування необхідних навичок та умінь для здійснення ремонтних робіт, забезпечує належний рівень готовності до надзвичайних ситуацій і скорочення дозованих навантажень на працівників.

Натомість на Запорізькій АЕС (ЗАЕС) за підтримки національної атомної компанії "Енергоатом" було споруджено унікальний НТЦ, який призначений для всебічної підготовки персоналу. Даний тренажерний комплекс

є повним відображенням реальних енергоблоку ВВЕР-1000, що використовується як на вітчизняних, так і світових АЕС. Цей тренажер постає у вигляді сучасної навчальної бази, ціль якої – підготовка працівників у сфері технічного обслуговування та ремонту [13].

Основну роль у процесі переходу енергії від ядерного поділу до електричної енергії (обертання ротора генератора, який у свою чергу з'єднаний із вихідним валом турбіни) виконує робоча рідина – вода, яка циркулює по замкненому колу трубопроводів. Саме для цього процесу у складі великого навчального комплексу функціонує лабораторія “Трубопроводи, посудини і теплообмінне обладнання”, окремим навчальним стендом якої є тренажер “Фланцеві з'єднання трубопроводів”. Для забезпечення його автономної роботи необхідна гідравлічна станція, що буде виконувати всі поставлені завдання і відповідати заданим технічним характеристикам.

Щоб зрозуміти конструкційні особливості та складові частини пристроїв гідравлічної станції буде розглянуто аналоги різноманітних установок, серед яких особливу увагу можна приділити випробувальним гідропресам, як з механічним, так і електричним приводами.

Такі установки не є досить поширеними у світі через свою дороговизну і на даний момент часу головним розробником, що випускає серії даного обладнання, є і залишається всесвітньо відома компанія “RIDGID”, потужності якої локалізуються в Сполучених штатах Америки.

Дана компанія виготовляє широкий спектр різноманітної продукції: прес-інструменти, різьбонарізне та електричне обладнання, ключі та трубні, допоміжні інструменти, інструмент загального призначення та багато інших.

Як бачимо перелік приладдя досить великий, та серед нього можна виокремити цікаве саме для нашого дослідження. Маються на увазі випробувальні гідропреси.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Дане підприємство пропонує широкому колу споживачів два різновиди гідропресів:

а) випробувальний гідропрес 1450 [14] призначений для випробування гідравлічних систем на відсутність протікання в установках, де необхідна герметичність (рис.1.5). Агрегат розрахований на випробування систем тиском до 5 МПа. Розроблений спеціально для використання в системах опалення, компресорних системах, системах охолодження, масляних агрегатах, зрошувальних системах та інших трубопровідних системах малого діаметра.



Рис.1.5. Випробувальний гідропрес 1450

Особливостями даного пристрою є: невелике зусилля для експлуатації; автоматична підтримка тиску (немає клапанів, які треба закривати вручну); фільтри на вході і виході для більшої надійності; двоступенева робота важеля для швидкого заповнення системи і опресовування.

Технічні характеристики: поршневий насос з алюмінію і політетрафторетилену, посилений вуглепластиком, для більш тривалого терміну служби; пластиковий бак ємністю 13,5 літрів; об'єм за хід – 38 см³.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

б) випробувальний електрогідропрес моделі 1460-Е [15] використовується для випробування таких систем як: опалювальні, стисненого повітря, систем охолодження, масляних агрегатів, протипожежних систем і трубопроводів малих діаметрів (рис.1.6). Клапани автоматичної підтримки тиску дозволяють користувачеві легко опресовувати систему. Сумісні рідини включають в себе воду, масло і етиленгліколь. Може приєднуватися до водопостачання для швидкого заповнення.



Рис.1.6. Випробувальний електрогідропрес моделі 1460-Е

Особливості та технічні характеристики: поршневий насос з трьома керамічними плунжерами для плавного нарощування тиску і більш тривалого терміну служби; швидкокорозбірна система для від'єднання блоку управління і датчика (вони можуть бути залишені на випробувальному контурі); контейнер з нержавіючої сталі (некислотні рідини); подача води - 9 л / хв; масло (SAE30).

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

с) насосна станція для гідравлічних випробувань НЭР AQUA FLOW [16]. Насосна станція для гідравлічних випробувань даної моделі - призначена для проведення гідравлічних випробувань різних гідроприводів, трубопроводів і виробів судна на міцність, щільність роботи під тиском від 40 - 60 МПа (рис.1.7). В установці для гідровипробувань робочою рідиною може бути вода або ПГВ по ГОСТу 25821-83 [17].



Рис.1.7. Випробувальна насосна станція НЭР40-12.II100T1 AF

У результаті проведеного аналізу всіх випробувальних станцій, які присутні на сучасному ринку і особливістю яких є застосування у якості робочої рідини води, ми дійшли до висновку, що жоден із запропонованих вище аналогів не задовольняє необхідні технічні характеристики (витрата та тиск), тому було прийнято рішення, щодо розробки власної установки для випробування тренажера на герметичність.

Висновки до розділу 1

У результаті дослідження було встановлено, що атомна енергетика займає значне місце у світі через дешевизну видобування та відсутність

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

небезпечних викидів при правильному використанні обладнання, за допомогою якого вона створюється. У своєму розвитку ядерна енергетика пройшла непростий шлях розвитку, проходячи між різними країнами, і на даний момент часу її центром є країни Азії. Виділяють як позитивні, так і негативні риси її використання, але зазвичай більшість із наслідків використання ядерної енергії виникають не самі по собі, а у зв'язку з так званим людським фактором.

Ядерну енергію виробляють за допомогою АЕС, центром яких є ядерний реактор. Окрім нього, атомна електростанція не зможе нормально функціонувати без насосів (живильних та циркуляційних), водопідігрівників, деаераторів, робота яких направлена на видалення розчинених газів та різноманітних системи очищення теплоносія. При вивченні літератури, було виявлено, що найбільш поширеними у світі є двоконтурні схеми АЕС. Виробництво електроенергії в Україні зростає щорічно, завдячити якому можна Запорізькій, Хмельницькій, Южно-Українській та Рівненській АЕС.

АЕС самі по собі досить безпечні при їх правильному функціонуванні. Але якщо недостатньо стежити за справністю обладнання, можливі негативні наслідки, серед яких можна виокремити порушення нормальної експлуатації, аварійна ситуація на станції, неконтрольований викид радіації чи інших відходів тощо. Розрізняють аварію промислову, комунальну, на майданчику та аварійну готовність. Задля їх уникнення доцільно дотримуватися таких принципів радіаційної безпеки, як оптимальність, неперевершення та виправданість. Для попередження аварій більшість АЕС застосовує систему аварійного реагування.

Задля уникнення небезпечних ситуацій на АЕС необхідно постійно перевіряти обладнання на міцність та надійність. Цим займається саме персонал станції, тому, на думку автора, його не потрібно обділяти увагою. Найчастіше на АЕС для навчання персоналу використовуються навчально-тренувальні центри. Було розглянуто Хмельницьку та Запорізьку АЕС і виявлено, що на ХАЕС реалізовано декілька тренажерів, що відповідають реальним частинам енергоблоку і надають змогу здійснювати практичне навчання і підвищення

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кваліфікаційного рівня до початку ремонту, а на ЗАЕС було розроблено тренажерний комплекс, що є повним відображенням реальних енергоблоку ВВЕР-1000, що використовується як на вітчизняних, так і світових АЕС.

Задля підготовки персоналу доцільно використовувати різноманітні тренажери “Фланцеві з’єднання трубопроводів”. Для забезпечення їх автономної роботи необхідна гідравлічна станція, що буде виконувати всі поставленні завдання. Щоб зрозуміти конструкційні особливості та складові частини пристроїв гідравлічної станції було розглянуто аналоги різноманітних установок, серед яких особливу увагу можна приділити випробувальним гідропресам, як з механічним, так і електричним приводами. Було розглянуто випробувальні гідропреси RIDGID 1450,1460-E та НЭР AQUA FLOW призначені для випробування гідравлічних систем на відсутність протікання в установках, де необхідна герметичність.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ “ФЛАНЦЕВІ З’ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ”

Підставою для розробки тренажера є:

1. Проектна документація «ВП ЗАЕС. НТЦ. Корпус «Г» 3673-199 / 10-233 ТХ;
2. «Деталізований перелік тренажерів для оснащення навчальних лабораторій тренажерного комплексу спеціальної підготовки центру підготовки ремонтного персоналу ДП «НАЕК «Енергоатом» 00.УЦ.ПР.2515;
3. «Програма розвитку Центру підготовки ремонтного персоналу ДП «НАЕК «Енергоатом» на 2017 - 2022 роки »ПМ-Д.0.18.634-16.

Даний навчальний стенд складається з двох основних частин: гідравлічної станції та тренажера, що являє собою U-подібний трубопровід із фланцевими з’єднаннями, що заповнюється робочою рідиною, в даному випадку – водою, і який необхідно випробувати тиском $p = 1,6$ МПа, а також короткочасним піковим навантаженням – $1,5p$.

Розглянемо найбільш розповсюджені системи трубопроводів фланцевих з’єднань різних марок, розрахованих на відповідний тиск, серед яких звернемо особливу увагу на ДСТУ ГОСТ 12820:2008 [18], ДСТУ ГОСТ 12821:2008 [19], ДСТУ ГОСТ 12822:2008 [20].

2.1 Різновиди фланцевих з’єднань

Фланцеве з’єднання зручно використовувати при монтажі, саме через це воно користується величезним попитом. Існує широке коло аспектів підбору фланцевих з’єднань, з питаннями про які варто звертатися тільки до фахівців.

Фланцеве з’єднання - це різновид сполучення частин трубопроводу за допомогою фланців, що зазвичай постають у вигляді плоских кілець або дисків, на яких рівномірним чином розташуються отвори для кріпильних елементів, у ролі яких найчастіше використовуються шпильки чи болти [21]. Кріплення виробляють з досить широкого кола матеріалів і використовують

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для окремого типу фланця обов'язково при прийнятті до уваги діаметра отвору, що є вираженим у міліметрах. З'єднання, що називаються різьбовими, мають нормативні особливості кроку різьблення. Варто зауважити, що дюймовий тип виражений у дюймах, а – у міліметрах. За допомогою державних стандартів (ДСТУ ГОСТ 12820: 2008; ДСТУ ГОСТ 12821: 2008; ГОСТ 12815-80, інші) та нормативних документів встановлюються вимоги до кріплення.

ГОСТ 12820-80 застосовується в основному для приварних деталей, що є плоскими. З наступним кріпленням-зварюванням стикається обраний елемент. Це кріплення відбувається за допомогою двох швів за місцем штику. Даний процес є трудомістким, але гарантує надійність стискання [18].

ГОСТ 12821-80 застосовується з метою уніфікації встик приварених деталей. При установці з'єднання здійснюється стиківка краю основної частини та торця труби. Це кріплення проводиться за допомогою зварювання швом одноразовим [19].

ГОСТ 12822-80 використовується для вільних частин на кільці. До комплектації відноситься ще один елемент, а саме кільце, діаметр якого рівний фланцю. Ця конструкція є зручною для монтажу та досить ефектно застосовується у місцях, що є важкодоступними. Згаданий вид сполучення використовується з ціллю проведення частих ремонтів. Окрім цього, існує одна особливість монтажу: приварка кільця відбувається при вільному розміщенні фланця, що має можливість легко обертатися на трубі [20].

Використання фланцевих з'єднань в трубопроводах обумовлено простотою збірки і можливістю заміни запірної арматури або фасонних виробів. Така конструкція забезпечує міцність стикування частин трубопроводу.

Як впливає з нормативних приписів, болтами можуть оснащуватися трубопроводи, де робоче середовище має тиск не вище 25 МПа. У разі перевищення даного параметра рекомендується використовувати монтажну шпильку, що має вигляд сталевого стрижня, з нарізаною різьбою по обох краях.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З'єднання шпильками вважаються на порядок міцніше, ніж в разі використання болтів.

Установка фланцевих з'єднань на сталевих трубопроводах з показником тиску вище 100 МПа здійснюється шпильками зі сталі № 35. Якщо тиск нижче 100 МПа, підійдуть шпильки з 20-ї сталі.

За допомогою фланцевих з'єднань набагато легше виконувати такі заходи:

- профілактичні роботи з очищення труб;
- ремонт частин трубопроводу;
- модернізація елементів.

Візуально фланець виглядає як деталь з плоскою поверхнею квадратної чи круглої форми. Даний виріб має отвори, що призначені для установки кріпильних елементів - болтів, шпильок, шайб, гайок тощо.

В експлуатації трубопроводів використовуються кілька типів фланцевих з'єднань [22]:

1. приварний тип;
2. вільнообертовий вид;
3. різьбовий тип;
4. глухої форми;
5. наскрізного виду.

Фланцеві з'єднання використовуються практично для всіх трубопроводів з різними середовищами. Залежно від характеристик середовища, підбирають матеріали для виготовлення фланців або роблять композитні вироби, які підвищують стійкість металів до спеціальних речовин.

Основним елементом у досліджуваному типі з'єднання трубопроводів є фланець, що виготовляється в основному з чавуну двох типів (сірого та ковкого) і сталі різного хімічного складу (нержавіючої, вуглецевої тощо). Рідше при виготовленні фланців застосовують такі речовини, як титан, алюміній, бронза, поліпропілен тощо. Використання останнього стало частим лише декілька років тому.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.1. Типи фланців

(а – комірний; б – зварний; в – ковзний; г – тарілчастий; д - перехідний;
е - різьбовий; є - торцевий; ж – подовжений зварний)

Температурний режим, тиск трубопроводу та деякі інші параметри визначають специфічні вимоги до матеріалу фланця. За допомогою нормативних таблиць ГОСТів зможемо обрати необхідну марку матеріалу беручи до уваги параметри роботи трубопроводів. Зазвичай для виробництва фланців застосовують такі ж матеріали, з яких виготовлені трубопроводи.

Варто зауважити, що обираємо не лише матеріал за особливими вимогами, а й ущільнюючі елементи, які призначені для збільшення герметичності з'єднання. Гуму з різними властивостями (стійкість до різних кислот, масел, лугів тощо) використовують для створення ущільнень. За допомогою призначення трубопроводу й характеристик сполучення можна визначити не лише тип ущільнення, а й матеріал для нього. Рідше використовуються азбест чи маслостійкий картон.

Для виробництва фланців застосовують декілька способів [22]:

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. відцентрове лиття;
2. кування чи штамповка;
3. лазерна різка;
4. напівручний спосіб із використанням токарно-фрезерних напівавтоматів чи верстатів числового програмного керування (ЧПК);
5. гаряче кування із заготовок у вигляді кілець (прокатних).

Найпродуктивнішим методом, що використовується для серійного випуску фланців, є саме штамповка, що зазвичай здійснюється у так званих штампах – закритих формах. Натомість різання з листової сталі деталей є найменш затратним способом виробництва фланців. Але даний метод потребує додаткового контролю за допомогою ультразвуку на відсутність каверн.

Постійно під час виробництва проводиться регулярний контроль якості, що надзвичайно важливе місце, адже працездатність магістралей залежить від якості фланців. Якщо раптом магістраль вийде з ладу чи станеться якась аварія, користувачі зазнають істотних втрат. У ролі основного тесту виступає перевірка на рівність поверхні та цілісність механізму.

На теперішній час поширена практика закупівлі великого числа обладнання закордоном, що адаптоване під міжнародні стандарти. На більшості підприємств було підготовлено випуск фланців, що належать до так званого “перехідного типу”. Цей тип цікавий тим, що в змозі скомбінувати параметри різноманітних стандартизаційних систем.

Фланці бажано покривати такими спеціальними матеріалами, як хром, нікель, цинк тощо, з метою їх надійного захисту від агресивних середовищ та передчасного руйнування. Саме замовник вправі визначати той вид покриття, який для нього буде найдоцільнішим.

2.2 Виконання гідравлічної схеми “Фланцеві з’єднання трубопроводів”

На даний момент часу машини не здатні повноцінно регулювати ситуацію на АЕС. Як не крути, лише людина може разом із необхідним

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнанням детально контролювати процес роботи АЕС та уникати негативні наслідки, у вигляді порушення роботи, аварій тощо. Саме через це важливо приділяти значну увагу персоналу, що працює на АЕС, постійно підвищувати рівень його кваліфікації, практичних навичок та систематично проводити професійну підготовку та перепідготовку. Задля цього можна застосовувати спеціально розроблений тренажер під назвою “Фланцеві з’єднання трубопроводів”.

При розробці даного тренажера важливо звертати увагу на такі показники, як максимальний тиск (2,5 МПа), мінімальна витрата насоса 50 л/хв, корозійна стійкість (так як робочою рідиною є вода).

Габаритні розміри Тренажера не мають перевищувати 3000 мм ширини, 7000 мм довжини та 1500 мм висоти. Маса тренажера в зборі не більше 1000 кг.

Всі складові елементи повинні забезпечувати термін служби протягом 20 років. Показники по терміну служби і технічного ресурсу не повинні поширюватися на швидкозношувані деталі та витратні матеріали.

Покриття металевих частин елементів стенда, за винятком виготовлених з нержавіючої сталі, має бути лакофарбове маслостійке без відшарувань і розтріскування покриття.

Даний тренажер призначений для придбання ученим персоналом практичних навичок в області технічного обслуговування і ремонту фланцевих елементів трубопроводів і обладнання АЕС різного конструкційного виконання на натурному обладнанні в умовах наближених до реальних, здійснення контролю якості виконаних робіт та перевірки набутих навичок.

З ціллю забезпечення виконання всіх поставлених задач стенд повинен задовольняти всі необхідні загальні технічні завдання щодо функцій, конструкції пристрою та його розміщення. Також сформовано перелік вимог до складових частин тренажера. Розглянемо більш детально кожен з них.

Тренажер повинен забезпечувати безпечне виконання таких навчальних завдань:

- а. розміщення обладнання і спецінструменту;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- b. огляд і підготовка складових частин до технічного обслуговування і ремонт вузлів і деталей обладнання;
- c. часткову і повну розборка, дефектація деталей;
- d. підготовка елементів трубопроводів під зварювання фаскорізом «PROTEM»;
- e. заміна, ремонт деталей складових частин;
- f. збірка складових обладнання;
- g. виконання гідравлічних випробувань елементів трубопроводів і обладнання Тренажера на щільність;
- h. формування у персоналу безпечних і технічно правильних практичних навичок виконання робіт.

Ергономічні та естетичні рішення, які закладаються при розробці, повинні забезпечувати зручність в експлуатації, огляді, технічному обслуговуванні і ремонті, мають відповідати ДСТУ 7234: 2011.

Умови роботи обслуговуючого персоналу на тренажерах повинні бути не гірше умов роботи обслуговуючого персоналу на аналогічному обладнанні, що експлуатується в даний час на АЕС.

Показники зовнішнього вигляду складових частин, вузлів і елементів, повинні відповідати вимогам технічної естетики, підвищенню безпеки підготовки персоналу з використанням Тренажера, зниження стомлюваності очей, мінімальних витрат часу, необхідного для огляду обладнання і оснастки, спостереження за процесом проведення випробувань, технічне обслуговування і ремонт.

Він повинен складатися з трубопроводу U-подібної форми з встановленими на ньому основними технологічними елементами (рис.2.2):

1. труба Ду 200;
2. труба Ду 100;
3. відведення 90 ДСТУ ГОСТ 17375-2003;
4. фланці згідно ДСТУ ГОСТ 12820: 2008;
5. фланці згідно ДСТУ ГОСТ 12821: 2008;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. переходи до 219 х 6-108 х 4 ДСТУ ГОСТ 17378-2003;
7. фланцева запірна арматура Ду 100.

Тренажер повинен бути встановлений паралельно фундаменту (підлога Лабораторії) на опори (розрахунок на міцність однієї з опор представлений в Додаток В) забезпечуючи необхідний ухил трубопроводу Тренажера.

Він повинен мати можливість заповнення і дренажування, а також проведення повітровидалення трубопроводу.

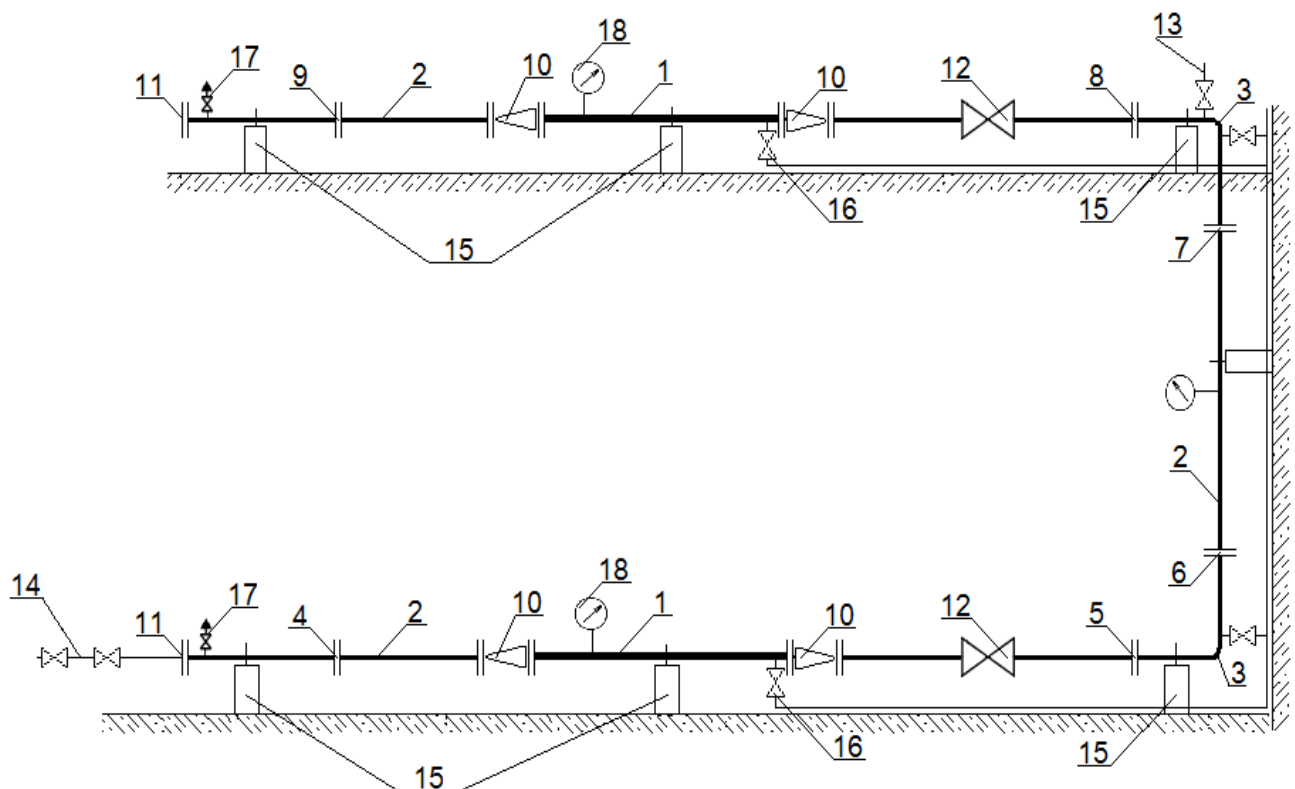


Рис. 2.2. Загальний вид Тренажера

Склад тренажера:

1. Труба 219 х 6 08X18N10T ГОСТ 9940-81.
2. Труба 108 х 4 08X18N10T ГОСТ 9940-81.
3. Відведення 90 108х4 08X18N10T ДСТУ ГОСТ 17375-2003.
4. Фланцеве з'єднання:
 - фланець 1-100А-16 12X18N9T ГОСТ 12820-80 - 2 шт.
5. Фланцеве з'єднання:

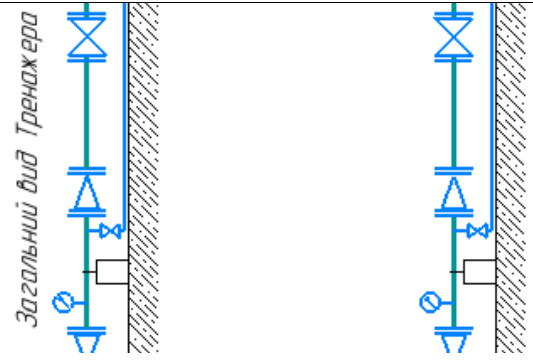
					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- фланець 2-100-16 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80;
 - фланець 3-100-16 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80.
6. Фланцеве з'єднання:
- фланець 4-100-16 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80;
 - фланець 5-100-16 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80.
7. Фланцеве з'єднання:
- фланець 6-100-63 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80- 2 шт.
8. Фланцеве з'єднання:
- фланець 7-100-63 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80 - 2 шт.
9. Фланцеве з'єднання:
- фланець 8-100-16Ф 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80;
 - фланець 9-100-16Ф 12X18Н9Т ГОСТ 12821-80.
10. Перехід до 219 х 6-108 х 4 08X18Н10Т ГОСТ 17378-2003.
11. Заглушка 1-100х16 12X18Н9Т ГОСТ 12820-80.
12. Засувка 30нж41нж, Ру16 Ду 100.
13. Лінія заповнення.
14. Лінія під'єднання випробувального електричного пресувальник для гідравлічних випробувань.
15. Опора ОПХ2 ГОСТ 14911-82.
16. Дренажування.
17. Повітровидалення.
18. Манометр ДМ 1001-1,6 МПа-1 ТУ ГОСТ 2405-88.

Даний навчальний стенд розміщений в лабораторії “Трубопроводи, посудини і теплообмінне обладнання” (Додаток А).

Для проведення гідравлічних випробувань елементів трубопроводів і обладнання на міцність, щільність і герметичність була розроблена гідравлічна станція, що входить до складу тренажера (рис.2.3).

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2.3 Принцип роботи випробовувальної станції

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі розробки гідравлічної схеми даного стенда було прийнято рішення, що всі використані гідроапарати матимуть можливість електричного керування напругою 24 В.

Дана насосна станція має декілька режимів керування:

- ручний (послідовний);
- автоматичний (цикловий).

На панелі керування розташовані 4 кнопки з фіксацією (S1, S2, S3 та S5), які відповідають за функції вмикання електродвигуна, запуску нагнітання тиску 1.6 МПа та 2.4 МПа, зупинки процесу випробування і зняття напруги з двигуна. Ще присутня кнопка без фіксації, яка відповідає за циклове тестування трубопроводу (S3) та клавіша аварійної зупинки “СТОП”.

Перед початком проведення випробувань на даному тренажері необхідно відкрити шарові крани Кр1 та Кр2 на вході і виході з тренажера.

Дана система працює наступним чином: при повороті кнопки S1 запускається електродвигун, який призводить до руху колінчастий вал плунжерного насоса Н, робоча рідина надходить з баку по всмоктувальному трубопроводі до фільтра грубої очистки Ф3, а звідти до блоку клапанів розташованих на насосі. При цьому положення всіх розподільників залишається початковим. Вода під тиском починає заповнювати нагнітальну лінію, протікаючи через зворотній клапан КЗв3 та фільтр тонкої очистки Ф2, проходить до гідрозподільника Р4, початкове положення якого – відкрито, протікає через нього і зливну лінію у гідробак Б, утворюючи таким чином коло холостого ходу.

При додатковому включенні кнопки S2 відбувається перемикання розподільників Р1 (відкривається) та Р4 (закривається), весь потік рідини спрямовується через редукційний клапан РК1, зворотній клапан КЗв1 та шаровий кран Кр1 по гнучному трубопроводі до тренажера заповнюючи його рідиною та створюючи заданий тиск на рівні 1.6 МПа. Після успішного випробування заданим тиском кнопку S2 вимикаємо, система повертається в початковий режим холостого ходу.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Далі вмикаємо кнопку S3, перемикаються розподільники P4 та P3 (закриваються), P2 (відкривається) відбувається процес аналогічний до попереднього, тільки редукційний клапан РК2 налаштований на більший тиск, який становить 2.4 МПа. Після завершення випробування кнопку S3 вимикаємо, система повертається в режим холостого ходу. Надлишковий тиск, який був створений у тренажері, скидається до номінального за допомогою клапана тиску КТ, який налаштовано на 1.6 МПа.

За допомогою кнопки S4 вмикається цикловий режим, який випробовує систему фланцевих з'єднань трубопроводу на герметичність шляхом почергової зміни та витримки різних рівнів тиску. Після відпрацювання заданої кількості циклів гідравлічна станція самостійно повертається в початкове положення. Кнопкою S5 перериваємо подачу електрики на мотор і система зупиняється.

Для уникнення серйозної шкоди від випадків аварійних чи позаштатних ситуацій на стенді наявна кнопка "СТОП" призначена для швидкого зняття живлення з усіх елементів та зупинки випробування.

Висновки до розділу 2

Було розглянуто найбільш розповсюджені системи трубопроводів фланцевих з'єднань різних марок, розрахованих на тиск 1.6 МПа, серед яких звернули особливу увагу на ДСТУ ГОСТ 12820:2008 , ДСТУ ГОСТ 12821:2008 та ДСТУ ГОСТ 12822:2008.

Фланцеві з'єднання зручно використовувати при монтажі, саме через це вони користуються значним попитом. Існує широке коло аспектів підбору фланцевих з'єднань, з питаннями про які варто звертатися тільки до фахівців.

За допомогою фланцевих з'єднань набагато легше виконувати такі заходи: профілактичні роботи з очищення труб, ремонт частин трубопроводу, модернізацію елементів.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним елементом у досліджуваному типіві з'єднання трубопроводів є фланець, що виготовляється в основному з чавуну двох типів (сірого та ковкого) і сталі різного хімічного складу (нержавіючої, вуглецевої тощо). Рідше при виготовленні фланців застосовують такі речовини, як титан, алюміній, бронза, поліпропілен тощо. Розглянули різні способи виготовлення фланців, серед яких найбільш розповсюдженими є відцентрове лиття, кування чи штамповка, лазерна різка та інші.

Наступним кроком розробили навчальний стенд “Фланцеві з'єднання трубопроводів”, який складається з U-подібного трубопроводу та випробувальної гідравлічної станції.

При проектуванні врахували всі показники, такі як:

1. максимальний тиск (2,5 МПа);
2. мінімальна витрата насоса 50 л/хв;
3. корозійна стійкість (так як робочою рідиною є вода).

Важливо, що габаритні розміри Тренажера не мають перевищувати 3000 мм ширини, 7000 мм довжини та 1500 мм висоти, а маса тренажера в зборі - не більше 1000 кг. Не залишили поза увагою і ергономічні та естетичні рішення, умови роботи обслуговуючого персоналу на тренажері, показники зовнішнього вигляду складових частин, вузлів і елементів.

Наступною ціллю дослідження було забезпечення виконання головної мети тренажера, а саме: придбання ученим персоналом практичних навичок в області технічного обслуговування і ремонту фланцевих елементів трубопроводів і обладнання АЕС різного конструкційного виконання на натурному обладнанні в умовах наближених до реальних, здійснення контролю якості виконаних робіт та перевірки набутих навичок.

Було розроблено та здійснено просту і доцільну в даному випадку електричну систему керування випробувальною гідравлічною станцією, необхідне живлення якої становить 24 В.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ “ФЛАНЦЕВІ З’ЄДНАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ”

Враховуючи вимоги до обладнання було використано фланці згідно ДСТУ ГОСТ 12820: 2008, ДСТУ ГОСТ 12821: 2008 та відведення ДСТУ ГОСТ 17375-2003 разом з переходами ДСТУ ГОСТ 17378-2003. Всі елементи даного тренажера, які безпосередньо контактують з робочою рідиною, виготовлені з нержавіючої сталі.

Виходячи з діаметру трубопроводу, який потрібно протестувати на герметичність, беручи до уваги зону розташування даного навчального стенда в лабораторії, тим самим знаючи умови мікроклімату приміщення, а саме:

- діапазон температур $+10^{\circ}\dots+40^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість $50\dots85\%$ при 20°C ;
- тиск повітря $0,086\dots0,106\text{ МПа}$.

Можемо приступити до гідравлічного розрахунку навчального стенда “Фланцеві з’єднання трубопроводів”. Дані обчислення необхідні для того, щоб підібрати все обладнання, яке наявне на гідравлічній схемі випробувального пристрою.

3.1 Розрахунок об’єму U-подібного трубопроводу тренажера

Тренажер складається з 14 елементів, які являють собою відрізки труби необхідної довжини та привареними до неї фланцями (Додаток Б). Загальний об’єм тренажера можна розрахувати:

$$V_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{ni} V_i, \quad (3.1)$$

де $V_{\text{заг}}$ - загальний об’єм; V_i - об’єм відповідної ділянки трубопроводу.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішній об'єм фланців та труби зможемо розрахувати за наступною формулою:

$$V_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i, \quad (3.2)$$

де d_i - діаметр окремої ділянки трубопроводу; l_i - довжина окремої ділянки трубопроводу.

$$V_i = \sum_{k=1}^z z \cdot V_{i.k}, \quad (3.3)$$

де z - кількість повторюваних частин на ділянці; k - частина ділянки.

Розрахунок частини, яка має вигляд зрізаного конуса можна за допомогою наступної формули:

$$V_{i.k} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2), \quad (3.4)$$

де z - висота конуса; z - більший радіус (основа); z - менший радіус (вершина).

Нижче проведемо обчислення кожної частини.

Ділянка 1:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.433 = 0.0033 \text{ м}^3.$$

Ділянка 2:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.442 = 0.0032 \text{ м}^3.$$

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка 3:

$$V_{3.1} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_{3.2} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 0.095 \cdot (0.0995^2 + 0.0995 \cdot 0.048 + 0.048^2) = 0.00169 \text{ м}^3;$$

$$V_{3.3} = \frac{\pi \cdot 0.199^2}{4} \cdot 0.298 = 0.0092 \text{ м}^3;$$

$$V_3 = 2 \cdot 0.00038 + 2 \cdot 0.00169 + 0.0092 = 0,01334 \text{ м}^3.$$

Ділянка 4:

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.442 = 0.0032 \text{ м}^3.$$

Ділянка 6:

$$V_6 = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.442 = 0.0032 \text{ м}^3.$$

Ділянка 7:

$$V_{7.1} = \frac{\pi \cdot 0.094^2}{4} \cdot 0.08 = 0.00055 \text{ м}^3;$$

$$V_{7.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.07 = 0.00053 \text{ м}^3.$$

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм сегмента обчислимо шляхом множення довжини кола, що проходить через середню лінію згину, на площу поперечного перерізу.

Площа поперечного перерізу:

$$S_{7.3} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} = 0.00754 \text{ м}^2.$$

У нашому випадку розмір сегмента рівний чверті кола, тому загальну величину потрібно поділити на 4:

$$L_{7.3} = \frac{\pi \cdot 0.3}{4} = 0.2355 \text{ м}.$$

У загальному отримаємо:

$$V_{7.3} = 0.00754 \cdot 0.2355 = 0.00178 \text{ м}^3;$$

$$V_7 = 2 \cdot 0.00055 + 2 \cdot 0.00053 + 0.00178 = 0.00394 \text{ м}^3.$$

Ділянка 8:

$$V_{8.1} = \frac{\pi \cdot 0.094^2}{4} \cdot 0.08 = 0.00055 \text{ м}^3;$$

$$V_{8.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.368 = 0.00277 \text{ м}^3;$$

$$V_{8.3} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_8 = 0.00055 + 0.00277 + 0.00038 = 0.0037 \text{ м}^3.$$

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка 9:

$$V_{9.1} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_{9.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.448 = 0.00338 \text{ м}^3;$$

$$V_{9.3} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_9 = 0.00038 + 0.00338 + 0.00038 = 0.00414 \text{ м}^3.$$

Ділянка 10:

$$V_{10.1} = \frac{\pi \cdot 0.094^2}{4} \cdot 0.08 = 0.00055 \text{ м}^3;$$

$$V_{10.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.07 = 0.00053 \text{ м}^3.$$

Об'єм сегмента обчислимо аналогічним чином, як це зроблено на 7 ділянці.

Площа поперечного перерізу:

$$S_{10.3} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} = 0.00754 \text{ м}^2.$$

У нашому випадку розмір сегмента рівний чверті кола, тому загальну величину потрібно поділити на 4:

$$L_{10.3} = \frac{\pi \cdot 0.3}{4} = 0.2355 \text{ м}.$$

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У загальному отримаємо:

$$V_{10.3} = 0.00754 \cdot 0.2355 = 0.00178 \text{ м}^3;$$

$$V_{10} = 2 \cdot 0.00055 + 2 \cdot 0.00053 + 0.00178 = 0.00394 \text{ м}^3.$$

Ділянка 11:

$$V_{11.1} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.055 = 0.000398 \text{ м}^3;$$

$$V_{11.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.335 = 0.00253 \text{ м}^3;$$

$$V_{11.3} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_{11} = 0.000398 + 0.00253 + 0.00038 = 0.003308 \text{ м}^3.$$

Ділянка 14:

$$V_{14.1} = \frac{\pi \cdot 0.096^2}{4} \cdot 0.053 = 0.00038 \text{ м}^3;$$

$$V_{14.2} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.389 = 0.003 \text{ м}^3;$$

$$V_{14} = 0.00038 + 0.003 = 0.00338 \text{ м}^3.$$

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка 15:

$$V_{15} = \frac{\pi \cdot 0.098^2}{4} \cdot 0.442 = 0.0033 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм U-подібного трубопроводу тренажера з різними фланцевими з'єднаннями:

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + 2 \cdot V_3 + 2 \cdot V_4 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{14} + V_{15};$$

$$V_{\text{заг}} = 0.0033 + 0.0032 + 2 \cdot 0.01334 + 2 \cdot 0.0032 + 0.0032 + 0.00394 + \\ + 0.0037 + 0.00414 + 0.00394 + 0.003308 + 0.00338 + 0.0033 = 0.068488 \text{ м}^3.$$

Для забезпечення швидкого заповнення тренажера зафіксуємо максимальну витрату, яку необхідно створити, на рівні 55 л/хв.

3.2 Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів

Задача розрахунку – визначення діаметрів трубопроводів і втрат тиску, що виникають у них при переміщенні робочої рідини (рр).

Важливо те, що розрахунок варто робити по ділянках, що мають однакову витрату. Усі наведені нижче формули будуть взяті з методичних вказівок до курсового проекту за курсом “ПРОЕКТУВАННЯ ОБ’ЄМНИХ ГІДРОПРОВОДІВ” для студентів з фаху “ГІДРАВЛІЧІ І ПНЕВМАТИЧНІ МАШИНИ” [21].

Внутрішній діаметр труби:

$$d_T = \sqrt{4Q_D / \pi v_{cp}}, \quad (3.5)$$

де Q_D - витрата рідини на ділянці, що розраховується; v_{cp} - середня швидкість рідини.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення округлюють до найближчого по ДЕРЖСТАНДАРТУ 8732-78 і ДЕРЖСТАНДАРТУ 8734-75.

За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, м/с:

$$v_{cp} = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} \quad (3.6)$$

Середню швидкість рідини вибирають у залежності від призначення трубопровода:

- для всмоктувальних $v = 0.5 \dots 1.5 \text{ м/с}$;
- для зливних $v = 1.4 \dots 2.2 \text{ м/с}$;
- для напірних $v = 3 \dots 6 \text{ м/с}$.

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя Δp_T , втрат у місцевих опорах Δp_M і втрат у гідроапаратах Δp_G .

Втрати тиску на тертя:

$$\Delta p_T = (0.5 \lambda l \rho v^2) / d_T, \quad (3.7)$$

де λ - коефіцієнт тертя; l - довжина ділянки; ρ - щільність рідини; v - дійсна середня швидкість рідини; d_T - діаметр труби або шланга.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму течії рідини і визначається по числу Рейнольдса:

$$\text{Re} = v d_T / \nu, \quad (3.8)$$

де ν - кінематична в'язкість рідини.

При ламінарній течії рідини ($\text{Re} \leq 2300$), враховуючи можливості звуження і викривлення перерізу труби при практичних розрахунках приймають:

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = 75 / \text{Re}. \quad (3.9)$$

При турбулентній течії ($\text{Re} \geq 2300$) коефіцієнт тертя λ залежить від числа Рейнольда і від шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0.03 \text{ мм}$, труби з кольорових металів вважають практично гладкими.

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}. \quad (3.10)$$

При $\text{Re} \geq 10^5$ коефіцієнт тертя практично не залежить від Re і можна прийняти $\lambda = 0.02$.

Втрати на місцевих опорах визначимо за формулою:

$$\Delta p_M = 0.5 \rho \xi v^2, \quad (3.11)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору.

При послідовному з'єднанні загальні втрати тиску являють собою суму втрат тиску на всіх ділянках:

$$\Delta p_\Sigma = \sum_{i=1}^{ni} \Delta p_i. \quad (3.12)$$

Розрахунок місцевих втрат на апаратах:

$$\Delta p_{\Gamma A} = \Delta p_H \cdot \left(\frac{Q_D}{Q_H} \right)^2, \quad (3.13)$$

де Δp_H - втрата тиску на апараті при номінальній витраті (дані беруться з технічного паспорту відповідного елемента); Q_H - номінальна витрата рр.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку втрат на довжині при кожному режимі розділимо нагнітальну лінію на відрізки заданої величини (рис.3.1).

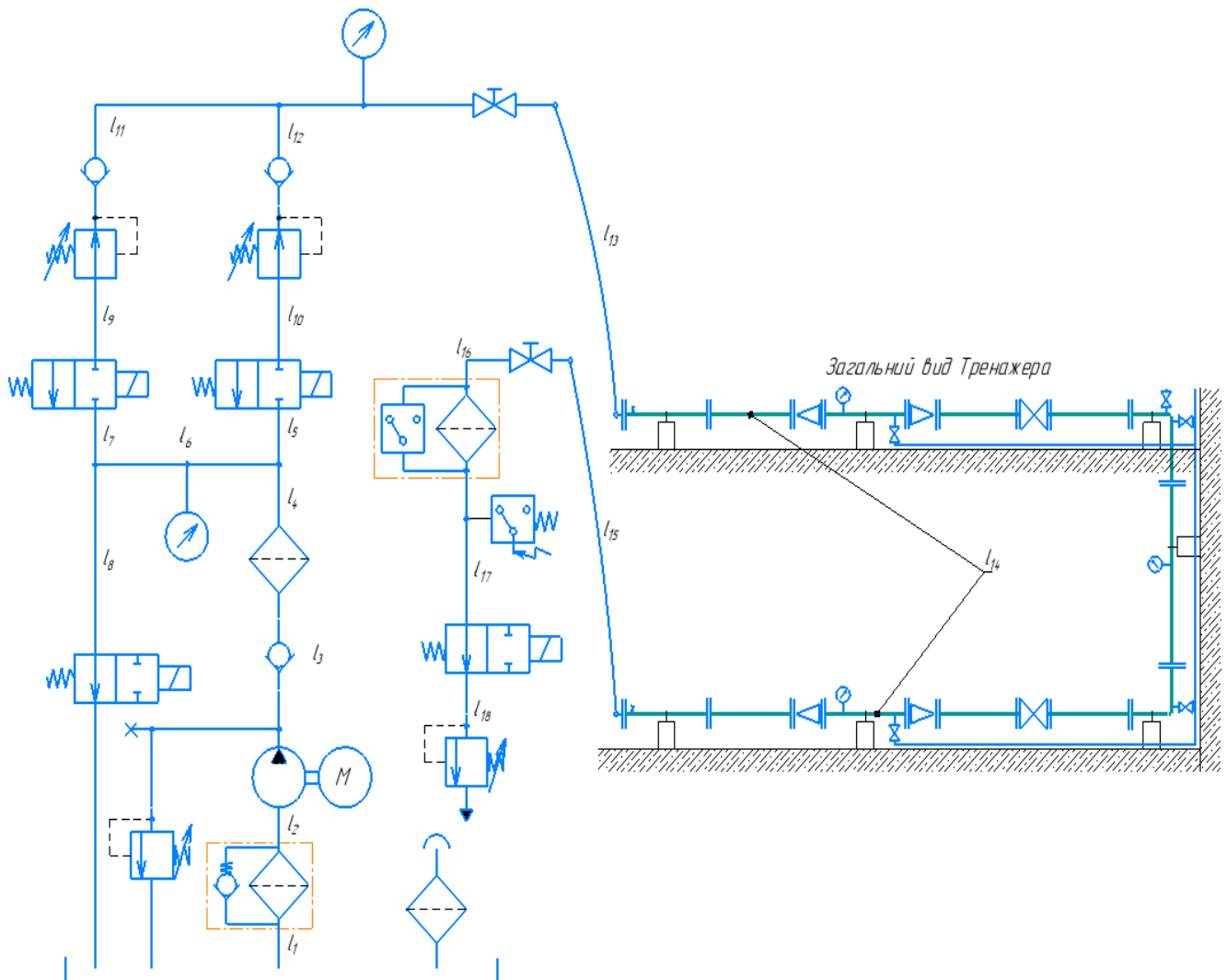


Рис.3.1 Розподіл гідросхеми на відрізки

Всмоктувальна лінія:

$$d_{T_8} = \sqrt{4 \cdot 0.0009167 / \pi \cdot 1} = 0.0342 \text{ м} = 34.2 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_{T_8} = 32 \text{ мм}.$

$$v_{\text{срв}} = \frac{4 \cdot 0.0009167}{\pi \cdot 0.032^2} = 1.14 \text{ м / с};$$

$$\text{Re}_\epsilon = 1.14 \cdot 0.032 / 1.02 \cdot 10^{-6} = 35764;$$

$$\lambda_\epsilon = 0.316 / \sqrt[4]{35764} = 0.023;$$

$$\Delta p_1 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.3 \cdot 997 \cdot 1.14^2 / 0.032 = 121 \text{ Па};$$

$$\Delta p_2 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.2 \cdot 997 \cdot 1.14^2 / 0.032 = 81 \text{ Па}.$$

Напірна лінія:

$$d_{Th} = \sqrt{4 \cdot 0.0009167 / \pi \cdot 3.5} = 0.0182 \text{ м} = 18.2 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_{Th} = 20 \text{ мм}.$

$$v_{срн} = \frac{4 \cdot 0.0009167}{\pi \cdot 0.02^2} = 3 \text{ м / с};$$

$$\text{Re}_h = 3 \cdot 0.02 / 1.02 \cdot 10^{-6} = 58823;$$

$$\lambda_h = 0.316 / \sqrt[4]{58823} = 0.02;$$

$$\Delta p_3 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.2 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 897 \text{ Па};$$

$$\Delta p_4 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

$$\Delta p_5 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$\Delta p_6 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

$$\Delta p_7 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

$$\Delta p_8 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

$$\Delta p_9 = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.15 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 672 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{12} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.25 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 1121 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{13} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 4.0 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 17946 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{15} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 6.0 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 26919 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{16} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.1 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 448 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{17} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.15 \cdot 997 \cdot 3^2 / 0.02 = 672 \text{ Па}.$$

Знайдемо втрати по довжині на тренажері:

$$v_{срт} = \frac{4 \cdot 0.0009167}{\pi \cdot 0.098^2} = 0.12 \text{ м / с};$$

$$\text{Re}_m = 0.12 \cdot 0.098 / 1.02 \cdot 10^{-6} = 11529;$$

$$\lambda_m = 0.316 / \sqrt[4]{11529} = 0.03;$$

$$\Delta p_m = 0.5 \cdot 0.03 \cdot 8.107 \cdot 997 \cdot 0.12^2 / 0.098 = 17.8 \text{ Па}.$$

Наявні ще два коліна, які змінюють напрям руху рідини на 90°, втрати на кожному з них будуть рівні:

$$\Delta p_{кт} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.12 \cdot 0.12^2 = 0.9 \text{ Па}.$$

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Загалом отримаємо:

$$\Delta p_{mp} = \Delta p_m + 2 \cdot \Delta p_{кт};$$

$$\Delta p_{mp} = 17.8 + 2 \cdot 0.9 = 19.6 \text{ Па}.$$

Зливна лінія:

$$d_{T3} = \sqrt{4 \cdot 0.0009167 / \pi \cdot 2.2} = 0.024 \text{ м} = 24 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_T = 25 \text{ мм}.$

$$v_{срз} = \frac{4 \cdot 0.0009167}{\pi \cdot 0.025^2} = 1.8 \text{ м/с};$$

$$\text{Re}_3 = 1.8 \cdot 0.025 / 1.02 \cdot 10^{-6} = 44117;$$

$$\lambda_3 = 0.316 / \sqrt[4]{44117} = 0.0218;$$

$$\Delta p_{18} = 0.5 \cdot 0.02 \cdot 0.35 \cdot 997 \cdot 1.8^2 / 0.025 = 452 \text{ Па}.$$

Отримані дані занесемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Втрати на тертя

Ділянка	Довжина l , м	d_T , мм	Q , л/хв	v , м/с	Re	λ	Δp , Па
Всмокування	0.5	32	55	1.14	35764	0.023	202
Холостий хід	0.5	20	55	3	58823	0.02 (0.03)	2241
Нагнітання	11.1+8.107	20	55	3	58823	0.02	49814.6

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

1.6 МПа							
Нагнітання 2.4 МПа	11.05+8.107	20	55	3	58823	0.02	49590.6
Злив	0.35	25	55	1.8	44117	0.0218	452

Проведемо розрахунки втрат на місцевих опорах.

Розташовані в нагнітальній лінії:

1. Раптове звуження

$$\Delta p_{нзв} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.6 \cdot 3^2 = 2243.25 \text{ Па}.$$

2. Перехідник

$$\Delta p_{нт} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.12 \cdot 3^2 = 538.4 \text{ Па}.$$

3. Коліно

$$\Delta p_{нк} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.12 \cdot 3^2 = 538.4 \text{ Па}.$$

4. Трійник

$$\Delta p_{нт} = 0.5 \cdot 997 \cdot 2.2 \cdot 3^2 = 9870.3 \text{ Па}.$$

Розташовані у зливній лінії:

1. Раптове звуження

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			63

$$\Delta p_{338} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.6 \cdot 1.8^2 = 969 \text{ Па} .$$

2. Перехідник

$$\Delta p_{3n} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.12 \cdot 1.8^2 = 193.8 \text{ Па} .$$

3. Коліно:

$$\Delta p_{3к} = 0.5 \cdot 997 \cdot 0.12 \cdot 1.8^2 = 193.8 \text{ Па} .$$

Наступним кроком проведемо розрахунки втрат тиску на гідроапаратах:

1. Редукційний клапан

$$\Delta p_{кр} = 20000 \cdot \left(\frac{0.0009167}{0.00565} \right)^2 = 526.5 \text{ Па} .$$

2. Зворотній клапан

$$\Delta p_{кзв} = 0.5 \cdot 997 \cdot 2.2 \cdot 3^2 = 9870.3 \text{ Па} .$$

3. Розподільник

$$\Delta p_p = 1000000 \cdot \left(\frac{0.0009167}{0.00116} \right)^2 = 624508 \text{ Па} .$$

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

4. Клапан тиску

$$\Delta p_{\kappa\tau} = 900000 \cdot \left(\frac{0.0009167}{0.00116} \right)^2 = 562057 \text{ Па}.$$

5. Фільтр грубої очистки

$$\Delta p_{\phi\epsilon} = 100000 \cdot \left(\frac{0.0009167}{0.00116} \right)^2 = 62450 \text{ Па}.$$

6. Фільтр тонкої очистки

$$\Delta p_{\phi\tau} = 300000 \cdot \left(\frac{0.0009167}{0.00116} \right)^2 = 187352 \text{ Па}.$$

Систематизуємо всі отримані дані та визначимо при якому режимі роботи навчального стенда відбуваються найбільші сумарні втрати тиску по довжині, на місцевих опорах та на гідроапаратах.

- холостий хід (рис.3.2)

$$\Sigma \Delta p_{xx} = 202 + 2241 + 452 + 3 \cdot 9870.3 + 624508 + 62450 + 187352 = 906815.9 \text{ Па}$$

- нагнітання 1.6 МПа (рис.3.3)

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta p_{n1.6} &= 202 + 49814.6 + 452 + 2243.25 + 538.4 + 2 \cdot 538.4 + 2 \cdot 9870.3 + \\ &+ 969 + 526.5 + 2 \cdot 9870 + 2 \cdot 624508 + 62450 + 187352 = 1594121.15 \text{ Па}. \end{aligned}$$

- нагнітання 2.4 МПа (рис.3.4)

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta p_{n2.4} &= 202 + 49590.6 + 452 + 2243.25 + 538.4 + 2 \cdot 9870.3 + 969 + 193.8 + 193.8 + \\ &+ 526.5 + 2 \cdot 9870.3 + 2 \cdot 624508 + 562057 + 62450 + 187352 = 2174000.55 \text{ Па}. \end{aligned}$$

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

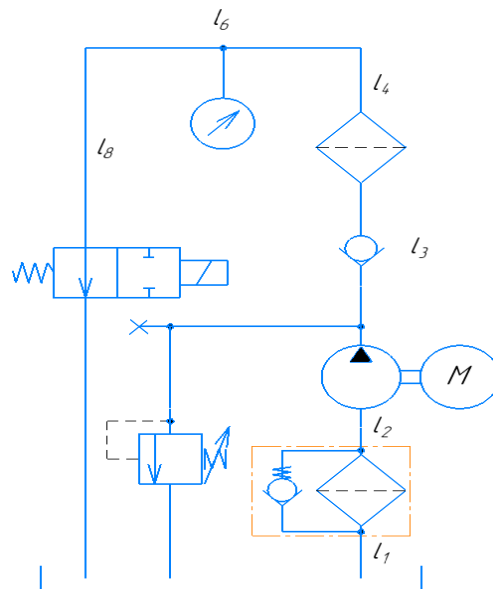


Рис.3.2. Коло руху рідини при холостому ході

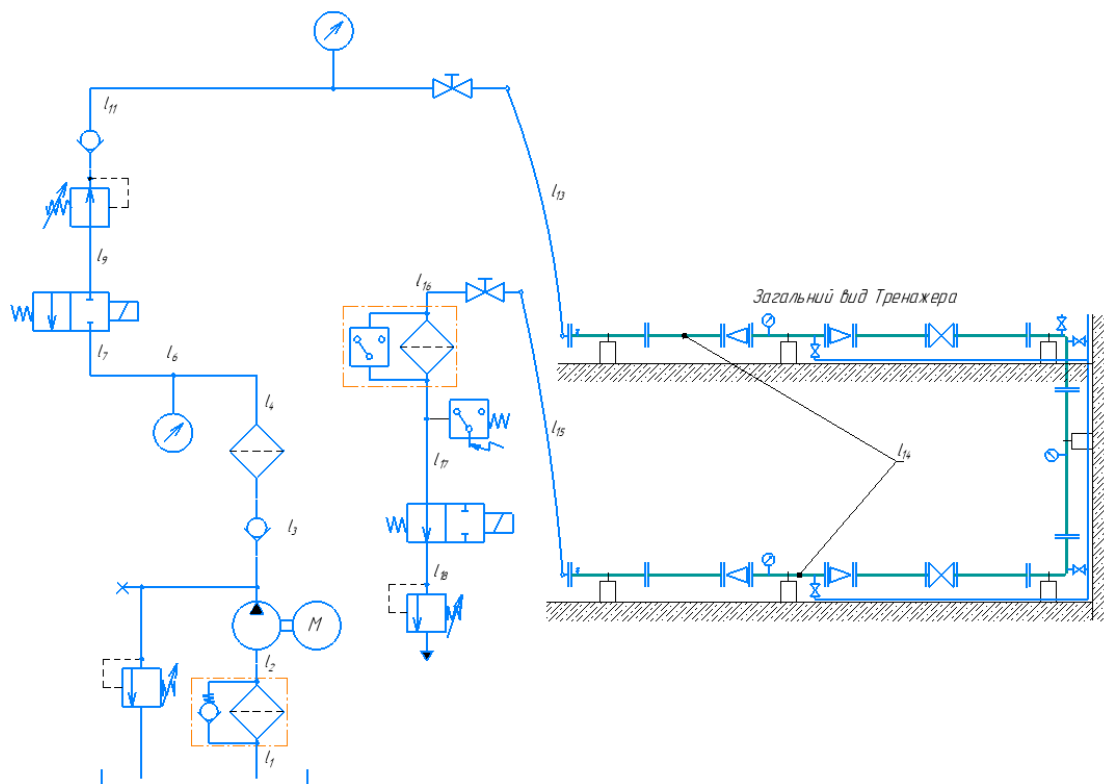


Рис.3.3. Коло руху рідини при тиску 1.6 МПа

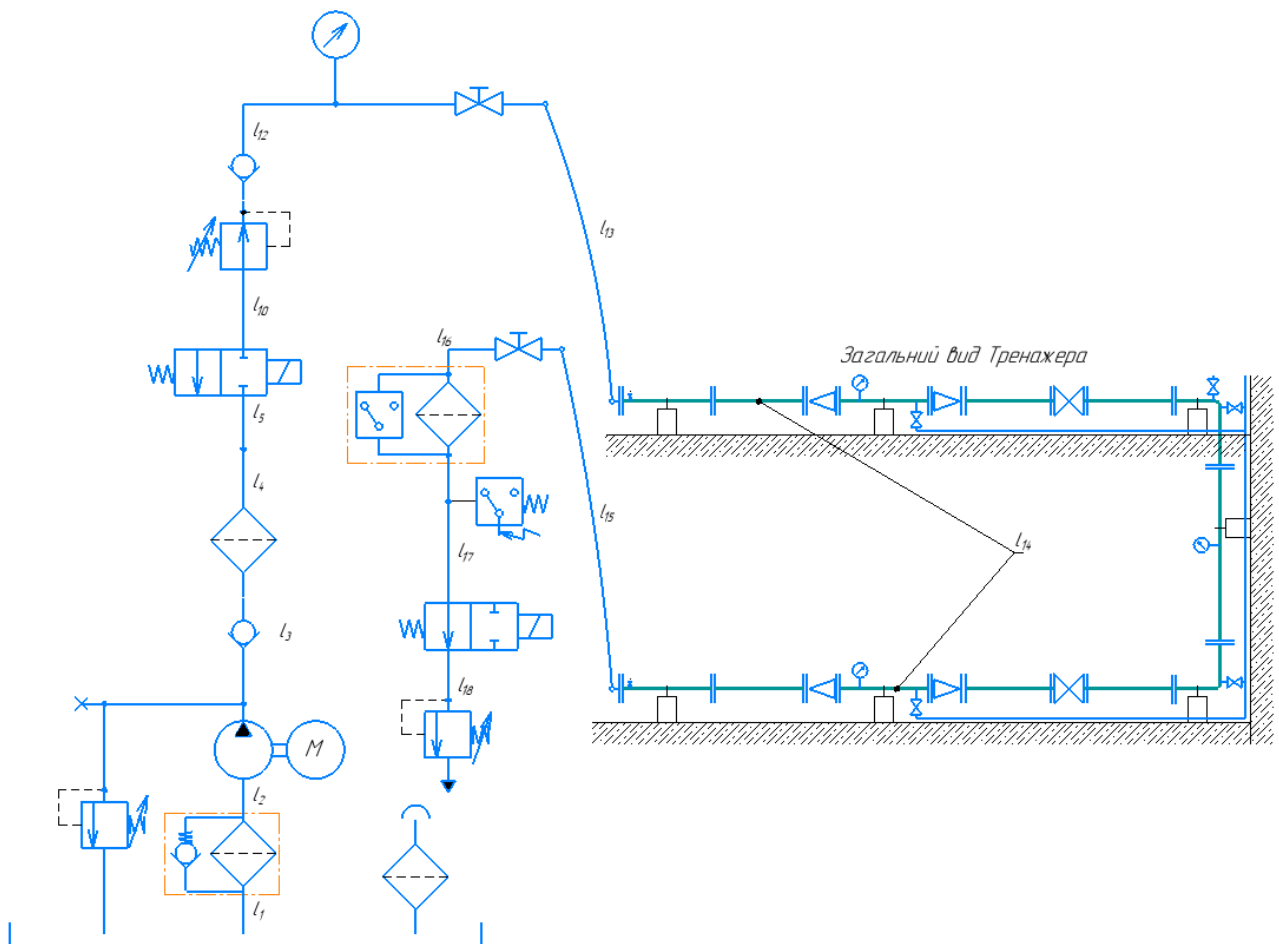


Рис.3.4. Коло руху рідини при тиску 2.4 МПа

Проаналізувавши отримані розрахунками дані можна сказати, що найбільшу сумарну втрату маємо при створенні навантаження тиском у розмірі 2.4 МПа, для випробування на герметичність фланцевих з'єднань трубопроводу. Тому потрібно забезпечити необхідний рівень тиску у системі за допомогою насоса, максимальна віддача якого буде становити не менше:

$$p_H = \Sigma \Delta p_{n2.4} + p_{2.4};$$

$$p_H = 2174000.55 + 2400000 = 4574000.55 \text{ Па} = 4.574 \text{ МПа}.$$

3.3 Підбір гідравлічного обладнання

Враховуючи всі попередні розрахунки, для даного навчального стенда “Фланцеві з'єднання трубопроводів” здійснимо підбір насоса та іншої гідроапаратури.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Плунжерний насос URACA P4-20 G, зовнішній вигляд якого зображено на рис.3.5, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.2.



Рис.3.5. Зовнішній вигляд насоса

Таблиця 3.2

Технічні характеристики

Характеристика		Значення
Приєднання	всмоктування	1 1/2''
	нагнітання	3/4''
Витрата, л/хв		55
Тиск, бар		100
Оберти, хв ⁻¹		250
Діаметр валу, мм		60
Передаточне відношення редуктора		3.13
Потужність, кВт		7
Діаметр плунжера, мм		55

Датчик тиску ОВЕН ПД100И-111/171/181, зовнішній вигляд якого зображено на рис.3.6, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.3.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

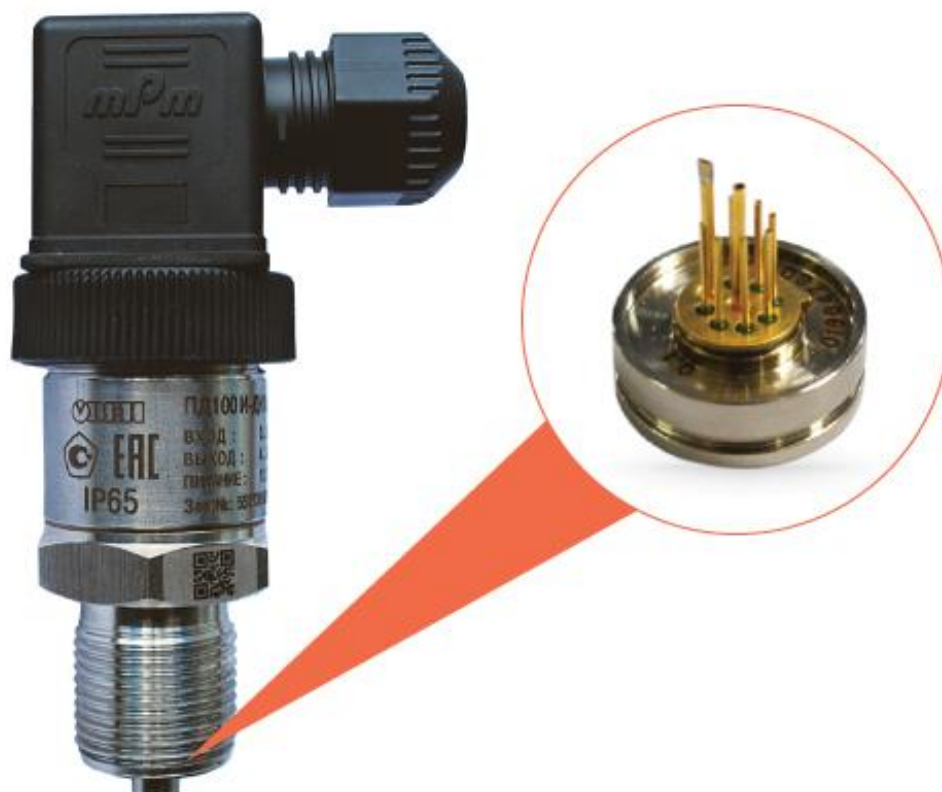


Рис.3.6. Зовнішній вигляд датчика

Таблиця 3.3

Технічні характеристики

Характеристика		Значення
Приєднання		3/4''
Тиск, бар	нижня межа	0.25
	верхня межа	40
Максимальне перевантаження, %		200
Живлення, В		24
Рівень захисту		IP65

Запобіжний клапан ATOS CART M-5/350/PED/VT, зовнішній вигляд зображено на рис.3.7, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.4.



Рис.3.7. Зовнішній вигляд запобіжного клапана

Таблиця 3.4

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Приєднання	$\frac{3}{4}''$
Максимальний тиск, бар	300
Номінальна витрата, л/хв	70
Робоча температура, °C	-40...+70

Зворотний клапан Tiemme YACHT BB, зовнішній вигляд якого зображено на рис.3.8, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.5.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.3.8. Зовнішній вигляд зворотнього клапана

Таблиця 3.5

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Приєднання	3/4''
Корпус	латунь
Матеріал затвору	нейлон

Редукційний клапан DANFOSS C101-40, зовнішній вигляд зображено на рис.3.9, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Технічні характеристики

Характеристика		Значення
Приєднання, мм		Фланцеве з'єднання, 40
Витрата, л/хв	мінімальна	8.7
	максимальна	400
Тиск, бар	мінімальний	1
	максимальний	25
Максимальна температура, °C		90



Рис.3.9. Зовнішній вигляд редукційного клапана

Манометр AFRISO RF, зовнішній вигляд якого зображено на рис.3.10, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.7.



Рис.3.10. Зовнішній вигляд манометра

Таблиця 3.7

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Приєднання	1/2"
Максимальний тиск, бар	100
Діаметр корпуса, мм	80

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідророзподільник 2/2 ATOS DLAHX6-3C/M/V24DC/W, зовнішній вигляд зображено на рис.3.11, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.8.



Рис.3.11. Зовнішній вигляд розподільника

Таблиця 3.8

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Діаметр умовного проходу, мм	8
Приєднання	5/16''
Номінальна витрата, л/хв	70
Максимальний тиск, бар	350
Робоча температура, °C	-40...+70
Рівень захисту	IP 66/67
Живлення, В	24

Фільтр магістральний з індикацією забруднення Atoll E-12BM-24V-p, зовнішній вигляд якого показано на рис.3.12, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.9.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

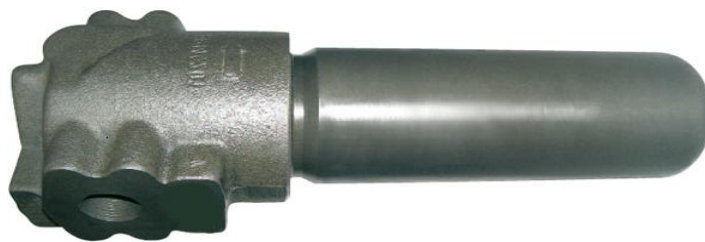


Рис.3.12. Зовнішній вигляд фільтра

Таблиця 3.9

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Приєднання	1''
Максимальний тиск, бар	100
Робоча температура, °C	+2...+82
Живлення датчика, В	24

Фільтр магістральний Atoll I-11BM-p, зовнішній вигляд показано на рис.3.13, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.10.



Рис.3.13. Зовнішній вигляд фільтра

Таблиця 3.10

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Приєднання	1''
Максимальний тиск, бар	90
Типорозмір	Big Blue 10
Робоча температура, °C	+2...+82

Кран шаровий BKR 20 ND, зовнішній вигляд показано на рис.3.14, а технічні характеристики сформовано до таблиці 3.11.



Рис.3.14. Зовнішній вигляд крана

Таблиця 3.11

Технічні характеристики

Характеристика		Значення
Приєднання		$\frac{3}{4}''$
Хід контакта, °		0...90
Типорозмір		20
Робоча температура рідини, °C		0...+150
Матеріал	корпус	латунь
	ручка	алюміній
	запірний елемент	латунь, тверде хромування
	ущільнення	політетрафторетилен
Захист поверхні		нікелювання

Автоматичний відвід повітря Flexvent MAX BP $\frac{3}{4}''$ Flamco, зовнішній вигляд показано на рис.3.15, а технічні характеристики сформовано до таблиці3.12.



Рис.3.15. Зовнішній вигляд пристрою

Таблиця 3.12

Технічні характеристики

Характеристика		Значення
Приєднання		$\frac{3}{4}''$
Максимальний тиск, бар		25
Максимальна температура, °C		120
Матеріал корпусу		латунь

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

3.4 Підбір електричного обладнання для керування навчальним стендом

Блок реле SIEMENS 6ES7924-0BD10-0BA0, зовнішній вигляд рис.3.16, характеристика таблиця 3.13.



Рис.3.16. Зовнішній вигляд реле

Таблиця 3.13

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24
Виходів	8

Реле часу PCU-511 UNI, зовнішній вигляд рис.3.17, характеристика таблиця 3.14.



Рис.3.17. Зовнішній вигляд реле часу

Таблиця 3.14

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24
Ступінь зачисту	IP40
Діапазон робочих температур, °C	-25...+50
Діапазон затримки часу	0.1с...576год

Перемикач кулачковий ETI CS 16 91 U, зовнішній вигляд рис.3.18, характеристика таблиця 3.15.

Таблиця 3.15

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24
Положень	2
Діапазон робочих температур, °C	-25...55



Рис.3.18. Зовнішній вигляд перемикача

Кнопка без фіксатора Sunlight/OEM XL25S/F-R, зовнішній вигляд рис.3.19, характеристика таблиця 3.16.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.3.19. Зовнішній вигляд кнопки

Таблиця 3.16

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24
Матеріал	нержавіюча сталь
Діапазон робочих температур, °С	-25...55

Світлодіодний індикатор IEK AD-22DS, зовнішній вигляд рис.3.20, характеристика таблиця 3.17.



Рис.3.20. Зовнішній вигляд індикаторів

Таблиця 3.17

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24

Матеріал	пластик
Діапазон робочих температур, °C	-25...40

Кнопковий вимикач аварійний Emas B200EE, зовнішній вигляд рис.3.21, характеристика таблиця 3.18.

Таблиця 3.17

Технічні характеристики

Характеристика	Значення
Живлення, В	24
Матеріал	пластик
Діапазон робочих температур, °C	-5...40

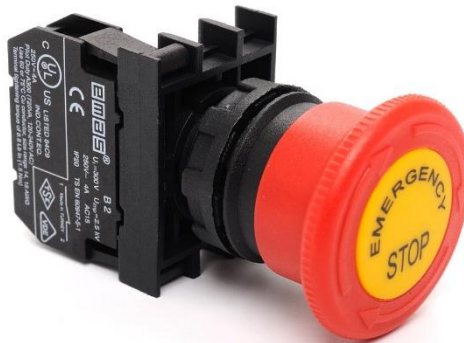


Рис.3.21. Зовнішній вигляд вимикача

Висновки до розділу 3

Спершу було отримано технічне завдання, що Тренажер складається з 14 елементів, які являють собою відрізки труби необхідної довжини та привареними до неї фланцями.

Після отримання завдання ми почали проводити розрахунки об'єму Тренажера та втрат тиску під час руху робочої рідини. Урешті-решт дійшли висновку, що б'єм Тренажера становить 68,488 л, а максимальна сума втрат – 2174000,55 Па.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Враховуючи всі попередні розрахунки, для даного навчального стенда “Фланцеві з’єднання трубопроводів” було здійснено підбір насоса та іншої гідроапаратури.

Також для електросхеми керування зроблено підбір електричних елементів.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Метою даного розділу дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – упор.

Даний елемент є складовою частиною опори для U-подібного трубопроводу з фланцевими з'єднаннями та служить для того, щоб звільняти приварені до нього бокси, з співвісними отворами, від бруду та вологи. Бокси призначені для зберігання інструменту (різкові та накидні ключі), відкручених при розбірці станду болтів, гайок та шпильок, та інше спец приладдя.

4.1 Технологічний контроль креслення

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вихідним документом є її креслення (рис.4.1). Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73.

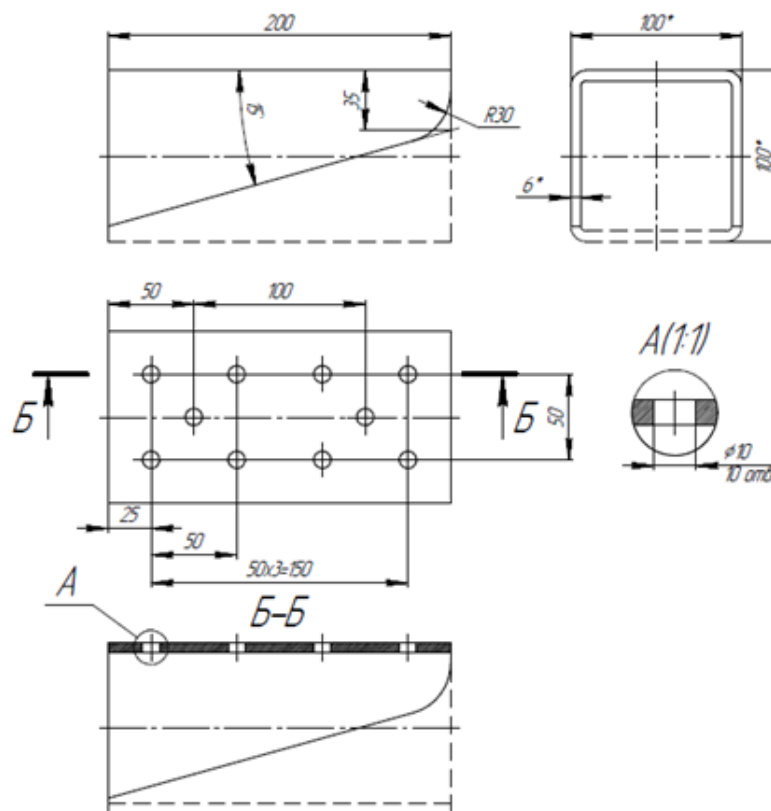


Рис.4.1. Креслення деталі

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

У креслення входять відомості, необхідні для якісного виготовлення деталі, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проекції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі.

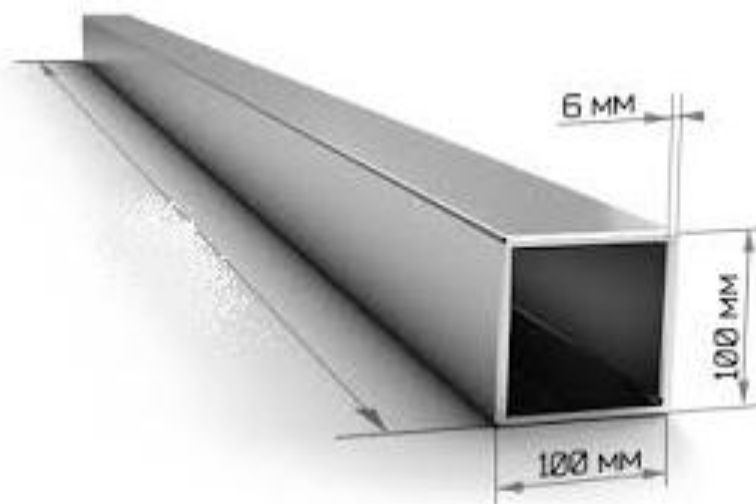
Проаналізувавши креслення можна сказати, що на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі не вказана шорсткість та шорсткість усіх поверхонь деталі позначена відповідно до ГОСТ 2789-73. Допуски та відхилення розмірів наведено відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82.

4.2 Вибір заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Безупинне підвищення точності заготовок і наближення їхніх форм до форм готових деталей різко скорочує галузь застосування різних методів обробки і скорочує відходи металу в стружку.

В даному випадку використовуємо Трубу $\frac{100 \times 100 \times 6 \text{ ГОСТ } 8639 - 82}{10 \text{ ГОСТ } 13663 - 86}$ з мінімально можливою довжиною виготовлення, яка становить 4000 мм (рис.4.2).

З відповідної довжини ми зможемо отримати 20 таких елементів.



					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Рис.4.2. Сортамент труби

4.3 Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту

Вибір типу обладнання, пристроїв та інструменту проводиться виходячи з типу виробництва. У даному випадку тип виробництва – одиничний. Одиничне виробництво характеризується застосуванням універсального обладнання (з розташуванням його в цехах за типами станків), універсальної оснастки, універсального робочого та вимірювального інструменту, які забезпечують виготовлення виробів порівняно широкої номенклатури.

Використання обладнання за часом має щільний характер: на одному верстаті виконуються декілька операцій і часто проводиться обробка деталей різних конструкцій і з різних матеріалів.

Пристосування для обробки деталей на верстатах мають універсальний характер, тобто можуть бути використані в різних випадках. Спеціальні пристосування не застосовують або застосовують рідко, тому значні витрати на їх виготовлення економічно не виправдовуються.

Необхідний при цьому виді виробництва ріжучий інструмент також повинен бути універсальним, тому що через розмаїття оброблюваних деталей застосування спеціального інструменту економічно не доцільно.

Таким чином, виходячи із зазначених вище рекомендацій, вибираємо обладнання: стрічкова пила FDB Maschinen SG 220 HD (рис.4.3) та вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 (рис.4.4).



					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис.4.3. Стрічкова пила FDB Maschinen SG 220 HD [25]



Рис.4.4. Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 [26]

4.4 Вибір типового технологічного процесу

Технологічний процес створення даної деталі є досить простим і вимагає всього лиш проведення 6-ти послідовних операцій. Проте при створенні технологічних процесів варто пам'ятати, що відповідний рівень точності пристроїв чи обладнання спричиняють похибки відхилення форми обраної деталі.

Загалом же, технологічний процес складається з наступних, послідовно проведених, операцій:

1. Операція 005 – Заготівельна.

Обладнання: Стрічкова пила FDB Maschinen SG 220 HD.

Дія: відрізати заготовку довжиною 200 мм.

На рис.4.5 зображена операція 005.

2. Операція 010 – Цековка.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Обладнання: Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 з ЧПК.

Різальний інструмент: Свердло розточне NC spot drills HSS-E.

Дія: створення канавок для подальшого свердління, діаметр 6 мм, знімання 0.14 мм/об.

На рис.4.6 зображена операція 010.

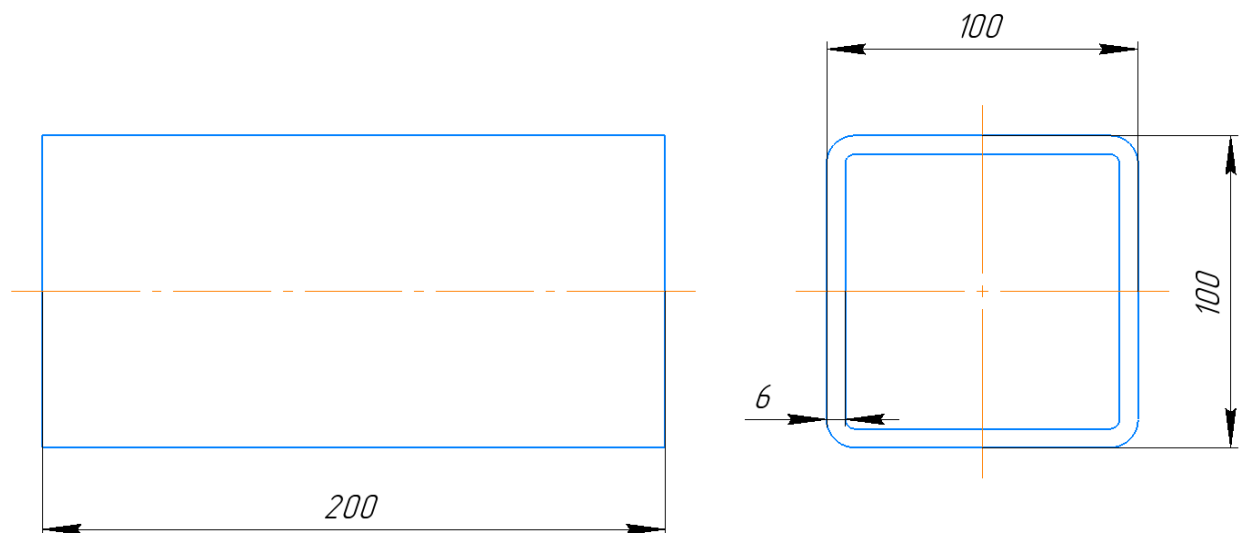


Рис.4.5. Операція 005

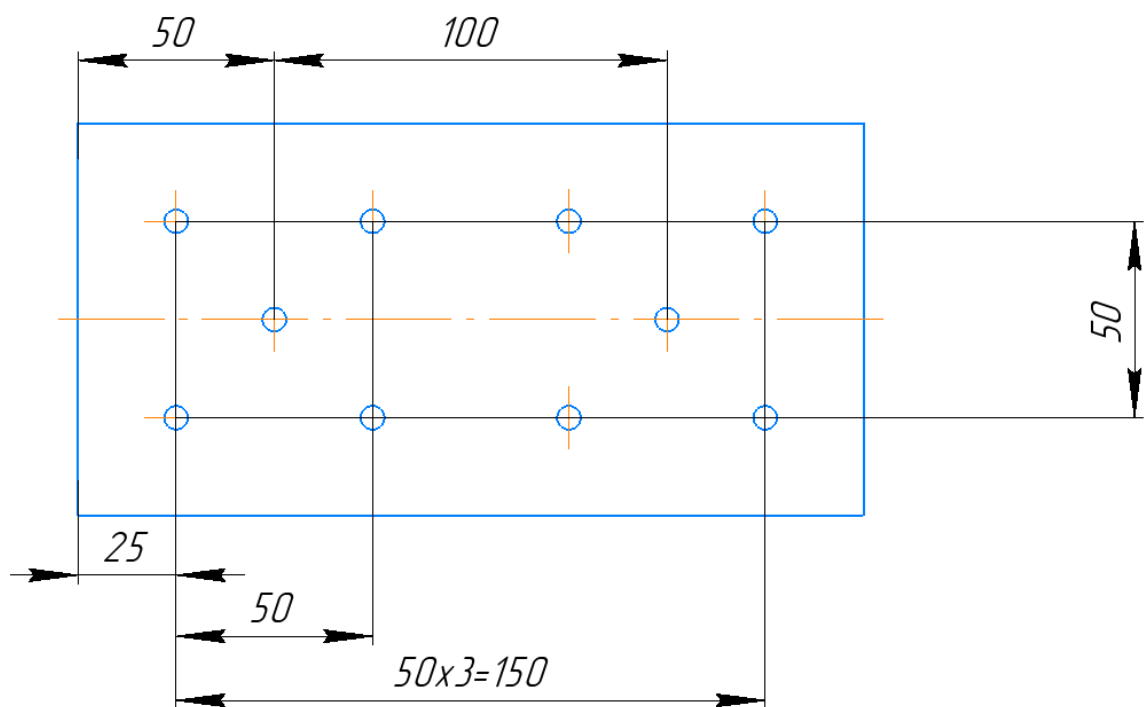


Рис.4.6. Операція 010

3. Операція 015 – Свердління.

Обладнання: Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 з ЧПК.

Різальний інструмент: Свердло OSG EX-SUS-GDS twist drill bit.

Дія: свердління отворів, діаметр 10 мм, знімання 0.24 мм/об.

На рис.4.7 зображена операція 015.

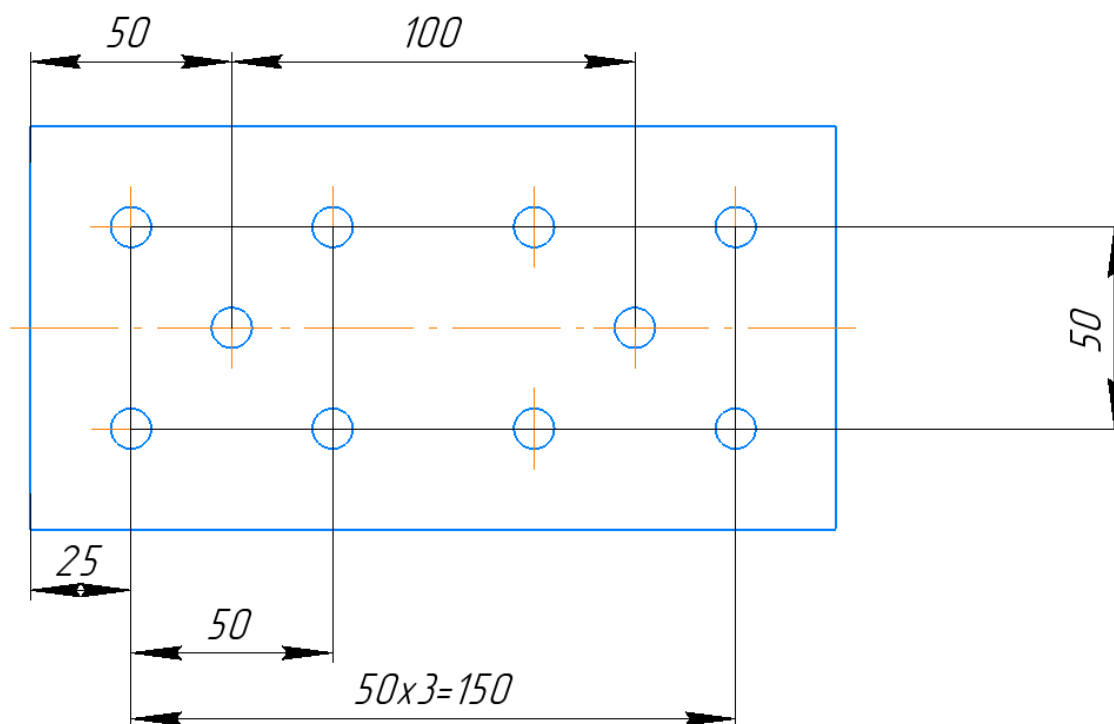


Рис.4.7. Операція 015

4. Операція 020 – Фрезерування.

Перед початком операції необхідно перезакріпити деталь в іншій площині, перпендикулярній до попередньої. За допомогою 5-ти осьового налаштування і ЧПК даним станком, подальших дій у перерозташуванні заготовки не потрібно.

Обладнання: Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 з ЧПК.

Різальний інструмент: Фреза ATORN End milling cutters.

Дія: свердління отворів, діаметр 6 мм, знімання 0.008 мм/об.

На рис.4.8 зображена операція 020.

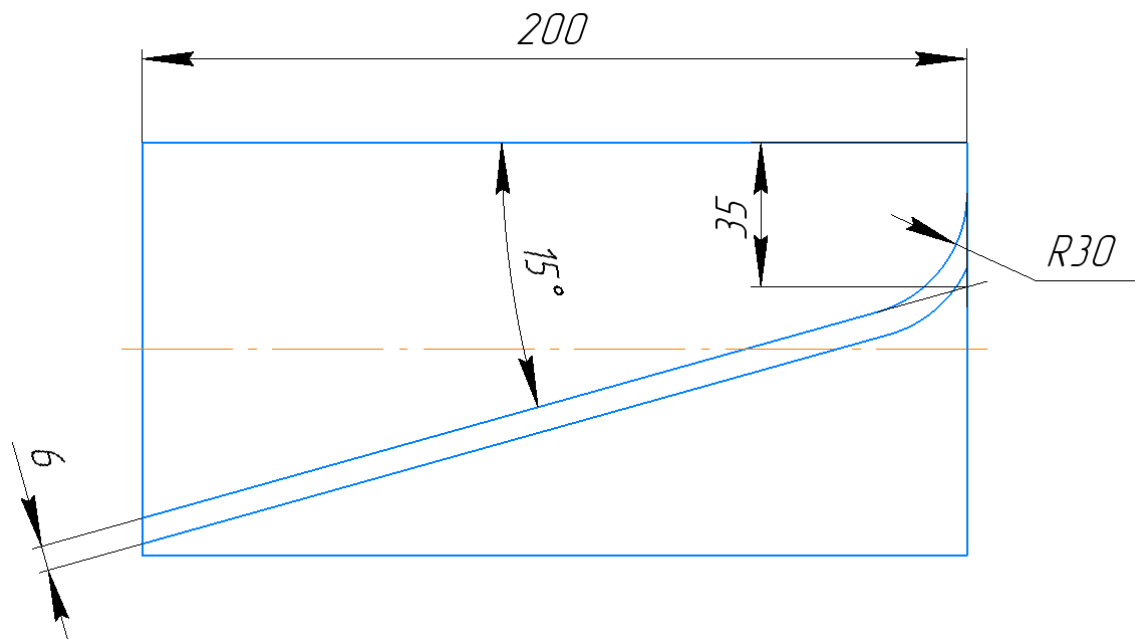


Рис.4.8. Операція 020

5. Операція 025 – Фрезерування.

Обладнання: Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 з ЧПК.

Різальний інструмент: Фреза ATORN End milling cutters.

Дія: свердління отворів, діаметр 6 мм, знімання 0.008 мм/об.

На рис.4.9 зображена операція 025.

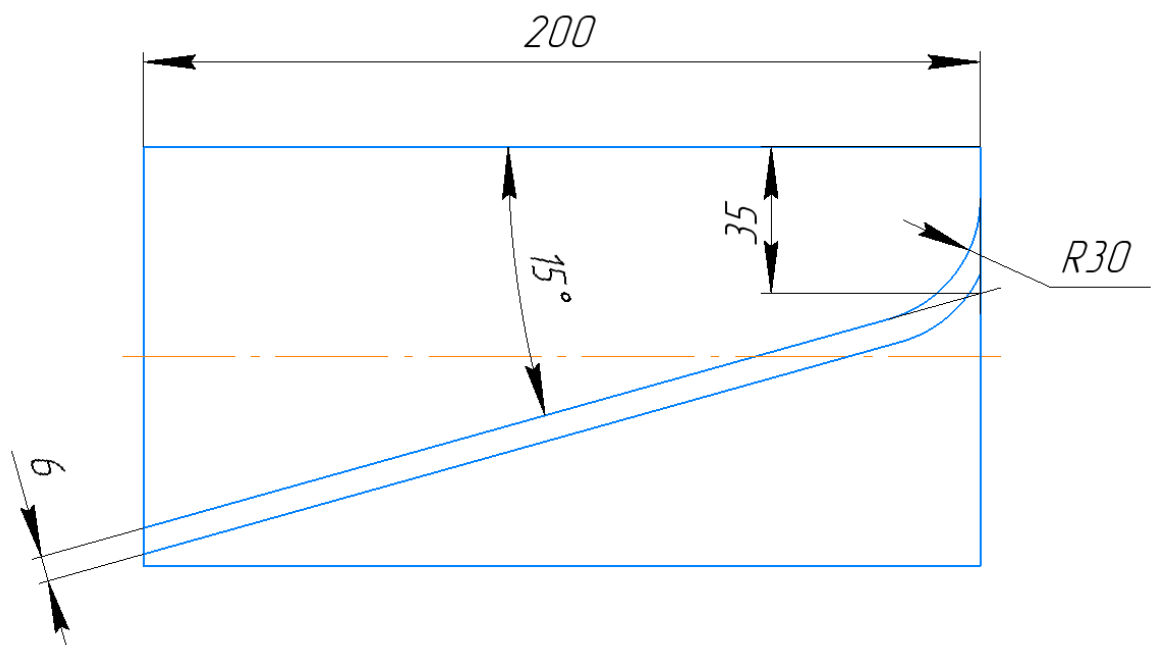


Рис.4.9. Операція 025

6. Операція 030 – Зенкування.

Після попередніх операцій, у результаті фрезерування наша заготовка розділиться на дві частини, саму деталь і відходи. Прибравши відфрезеровану частину, яка від'єдналася, притуплюємо гострі кромки.

Обладнання: Вертикально фрезерний станок HAAS UMC-750 з ЧПК.

Інструмент: Зенковка ATORN Taper and deburring countersing.

Дія: свердління отворів, діаметр 5 мм, знімання 0.04 мм/об.

Вигляд отриманої деталі можемо побачити на рис.4.10.

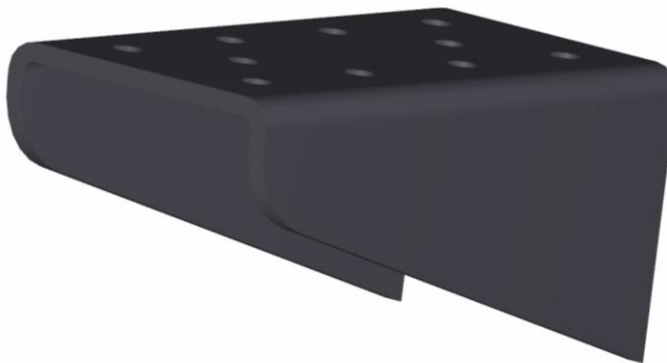


Рис.4.10. Упор

Висновки до розділу 4

Провели всі необхідні заходи, починаючи з читання креслення і закінчуючи послідовним переліком необхідних операцій для створення упора. Здійснили підбір всіх потрібних ріжучих інструментів. В кінцевому результаті отримали готову деталь.

Виходячи із трудоемності і кількості операцій можемо оцінити час виготовлення партії деталей (20 шт), який буде становити 400 хвилин, а вартість разом з купівлею інструмента і орендою обладнання – 11000 грн.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення охорони праці є одним із невід’ємних факторів роботи, особливо роботи за комп’ютером. Так як дипломну роботу, темою якої є розробка навчального стенда “Фланцеві з’єднання трубопроводів”, було проведено за ПК, необхідно звернути увагу на такі небезпечні та шкідливі фактори, як електромагнітні випромінювання радіочастот, недостатньо сприятливі мікрокліматичні умови, недостатній рівень освітлення робочого місця, зорове навантаження, небезпека ураження струмом, пожежі тощо.

Робота на ПК призводить до підвищення рівня напруженості самого трудового процесу. Окрім цього, на користувача, що працює за ПК, постійно діють різноманітні фізичні фактори (як приклад, у результаті діяльності спостерігається виникнення активних часток після іонізації повітря при роботі комп’ютера).

Неправильно організоване робоче місце у результаті діяльності призводить до загальної чи локальної напруги різних груп м’язів, тулуба, кінцівок, скривлення хребта і розвитку остеохондрозу.

5.1 Опис приміщення

Для написання дипломної роботи обрано приміщення з наступними геометричними параметрами: ширина – 3 м, довжина – 5 м, висота – 2,5 м. Площа приміщення становить $S = 3 \cdot 5 = 15 \text{ м}^2$, а об’єм відповідно - $S = 15 \cdot 2.5 = 37.5 \text{ м}^3$.

Згідно санітарних норм [24] об’єм приміщення для одного дорослого користувача ПК має бути не менше 19.5 м^3 , а площа – не менше 6 м^2 . Отже, можна дійти до висновку, що розміри приміщення відповідають санітарним нормам повністю.

Матеріали, що використовуються для облицювання стін, підлоги та стелі заданого приміщення, де розміщений ПК, і ті матеріали, якими здійснюється внутрішня обробка інтер’єру, повинні бути дифузно-відбиваючими з

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наступними коефіцієнтами віддзеркалення: 0,7-0,8 – для стелі; 0,5-0,6 – для стін; 0,3-0,5 – для підлоги.

У приміщенні розташований спеціальний робочий стіл та стілець, шафа, два вікна, кондиціонер та персональний комп'ютер. Для освітлення використовується світильник, розміщений на стелі. Загальний вигляд приміщення розглянемо на рис.5.1.

ПК підключений до джерела живлення під напругою 220 В.

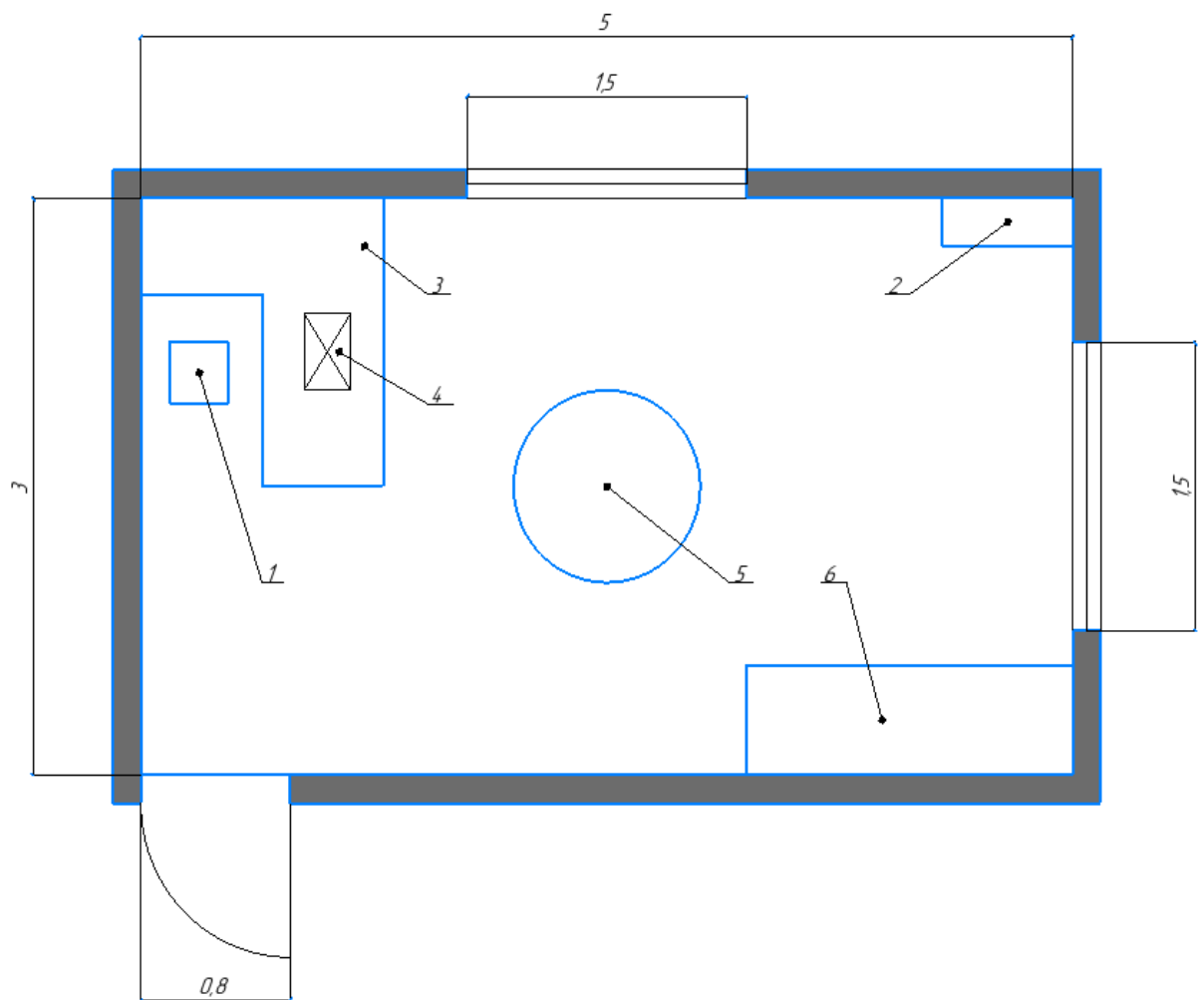


Рис.5.1. Загальний вигляд приміщення

(1 - стілець; 2 – кондиціонер; 3 – стіл; 4 – персональний комп'ютер;
5 - світильник; 6 – шафа)

5.2 Напруженість трудової діяльності користувача ПК

Робота за комп'ютером вимагає забезпечення достатнього рівня освітлення. У даному приміщенні рівень природного освітлення не є оптимальним, тому додатково використовується штучне освітлення за допомогою настельного світильника. Окрім загрози погіршення зору внаслідок роботи за ПК, існують такі малопередбачувані загрози, як наприклад, ураження струмом. Саме тому для організації комфортного та безпечного перебування та роботи у приміщенні, доцільно звернути увагу на створення належного мікроклімату.

Згідно нормативних актів можна виділити наступні виробничі фактори, що впливають на користувача ПК:

1. мікроклімат робочого місця: температура, рівень вологості, швидкість руху повітря та інфрачервоне випромінювання.;
2. рівень природного та штучного освітлення;
3. небезпека ураження струмом та багато інших.

Надалі проведемо спеціальний аналіз цих та інших чинників, що діють на користувача ПК. Здійснимо кількісний та якісний аналіз цих чинників, і на основі отриманих даних вияснимо, чи варто покращувати умови праці для користувача ПК у даному приміщенні і в якій спосіб це найкраще зробити.

5.3 Мікроклімат робочого місця

У даному випадку робота за ПК є основною, тому її необхідно забезпечити оптимальними параметрами мікроклімату. З ціллю створення цих параметрів проводиться провітрювання приміщення за допомогою вікна та вентиляція повітря за допомогою кондиціонера. Завдяки цьому користувач ПК здатен отримувати чисте повітря без забруднених частинок та нормально працювати.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно відмітити й те, що комп'ютери є джерелом виділення тепла, яке в свою чергу може призвести до зниження вологості у приміщенні та піднятті температури повітря. У тих приміщеннях, де розташований комп'ютер, важливо дотримуватися допустимих параметрів мікроклімату, що відповідають зазначеним нормам у документі “Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” [27].

Окрім вищенаведеного, важливо забезпечити допустимі концентрації негативних та позитивних іонів у повітрі приміщення. Адже результати досліджень стверджують наступне: у той час, як негативні іони позитивно впливають на здоров'я людини, позитивні іони у занадто великому обсязі несприятливо впливають на розумову і фізичну працездатність (як приклад, людина стомлюється) та на діяльність серцево-судинної системи.

Отже, дійсно варто звертати увагу на значення параметрів мікроклімату у приміщенні. Оскільки робота за ПК належить до категорії Легка Іа, можемо провести порівняння значень оптимальних згідно [27] та фактичних параметрів мікроклімату у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Оптимальні та фактичні параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Значення	
		Оптимальне	Фактичне
Холодний	Температура повітря в приміщенні	22-24 °С	20-22 °С
	Відносна вологість	40-60%	50%
	Швидкість руху повітря	0,1 м/с	0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	23-25 °С	24-26 °С
	Відносна вологість	40-60%	50%
	Швидкість руху повітря	0,1 м/с	0,1 м/с

Як бачимо, у холодний період року фактична температура не є оптимальною. Задля підвищення температури у приміщенні варто встановити додаткове опалення.

У теплий період року майже всі значення показників є оптимальними, проте варто було б незначно знизити температуру у приміщенні за допомогою додаткового кондиціювання. Усі інші показники є оптимальними.

5.4 Освітлення приміщення

Для здійснення певної роботи у приміщенні, а тим більше роботи за ПК, природнього освітлення не вистачає, тим паче у холодний період року. А недостатнє освітлення приміщення сприяє зниженню уваги та концентрації, призводить до напруження зору та передчасної стомлюваності. У зв'язку з цим вважається за доцільне застосовувати штучне освітлення за допомогою різноманітних світильників. Проте варто розрахувати оптимальний рівень освітлення, адже не тільки недостача, а й надмірне освітлення викликає болі в очах, роздратування і засліплення. Усе це може призвести до нещасних випадків чи профзахворювань, саме тому важливо перед початком роботи провести правильний розрахунок освітлення, визначити кількість та тип світильників, їх розміщення тощо.

Освітленість поверхні екрану комп'ютера повинна бути не більше 300 лк, а поверхні столу у зоні робочого документа – не більше 300-500 лк. Освітлення ні в якому разі не має створювати відблисків на екрані, що заважають користувачу ПК нормально працювати без відволікання.

У робочому приміщенні використовується як і природнє бокове освітлення (промені сонця потрапляють через вікно), так і штучне загальне освітлення за допомогою ламп розжарювання – електричних джерел енергії. Виходячи з вищенаведеної інформації розрахуємо рівень освітленості робочого приміщення.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку освітлення приміщення, площа якого становить 15м^2 використаємо метод світлового потоку.

Світловий потік розрахуємо за наведеною нижче формулою і порівняємо його із допустимим значенням.

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S k_z z}, \quad (5.1)$$

де $F_{\text{л}}$ - світловий потік лампи, Лм , (тут $F_{\text{л}} = 2100\text{лк}$);

N - кількість світильників, од.;

n - кількість ламп у світильнику, од.;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

S - площа освітлюваного приміщення, м^2 (тут $S = 15\text{м}^2$);

z - коефіцієнт мінімальної освітленості, що характеризує нерівномірність освітленості (тут $Z = 1.1$);

k_z - коефіцієнт запасу, який враховує зниження рівня світлового потоку лампи внаслідок забруднення світильників під час експлуатації (значення даного показника визначається і таблиці коефіцієнтів запасу для різних типів приміщення (тут $k = 1.5$)).

Для визначення коефіцієнта η спершу необхідно розрахувати індекс приміщення i за формулою 6.2.

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (5.2)$$

де S - площа приміщення ($S = 15\text{м}^2$);

h - розрахункова висота підвісу ($h = 1.65\text{м}$);

A - ширина приміщення ($A = 3\text{м}$);

B - довжина приміщення ($B = 5\text{м}$).

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

$$i = \frac{15}{1.65(3+5)} = 1.1.$$

Для освітлення приміщення використаємо один світильник, що комплектується 9-ма лампами. За показником приміщення та коефіцієнтами світлового потоку від підлоги – 0,3, від стін - 0,5 і від стелі – 0,7 визначаємо для LED лампи GLOBAL A60 значення коефіцієнта використання світлового потоку $\eta = 0.43$.

Для визначення світлового потоку підставимо усі значення у формулу 5.1.

$$E_{\phi} = \frac{2100 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 0.43}{15 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 328_{лк}.$$

Нормована мінімальна освітленість для роботи за ПК становить 300_{лк}. Як бачимо, світловий потік у нашому випадку становить 328_{лк}. Це свідчить про те, що приміщення освітлюється задовільно та потреби у додатковому освітленні немає.

5.5 Електробезпека

Електробезпека – це комплекс організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від несприятливих впливів електричного струму, дуги, статичної електрики та електромагнітного поля.

У приміщенні виконується робота на одному ПК, що є підключеним у розетку з окремим запобіжником виключення на випадок перенавантаження електричної мережі.

Для підключення іншої переносної електроапаратури використовуються гнучкі проводи в надійній ізоляції, що обладнані додатковим запобіжником вимикання. Електропроводка до джерел живлення від переносних приладів

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться найкоротшим шляхом. Ні в якому разі не повинне бути заплутування проводів у прилади чи меблі.

5.6 Пожежна безпека

Згідно пожежної небезпеки приміщення [28], у якому розміщений ПК, відносять до категорії В. Дані приміщення мають задовольняти вимоги стосовно запобігання та гасіння пожежі по ГОСТ 12.1.005-88, також обов'язково наявними повинні бути телефонний зв'язок та пожежна сигналізація.

У даному випадку так як мова іде про звичайне приміщення невеликої площі у будинку, то стає цілком зрозуміло, що воно не є обладнаним спеціальною пожежною сигналізацією. Провідного телефонного зв'язку у приміщенні також немає, але є змога здійснювати виклики за допомогою сучасних мобільних гаджетів та мобільним операторам.

За СНіПом 2.01.02.-85* [29] будівля відповідає II ступеню вогнестійкості, що потребує від пожежників досить швидкої реакції. Згідно СНіПу мінімальні границі вогнестійкості будівельних конструкцій наступні:

1. колони, несучі стіни, стіни сходових кліток – 2 год;
2. самонесучі стіни, сходові майданчики, щаблі, балки – 1 год;
3. плити, настили (у тому числі з утеплювачем) та інші несучі конструкції перекриття – 0,75 год;
4. зовнішні та внутрішні (перегородки) ненесучі стіни, елементи покриття (плити, настили, балки, арки, рами) – 0,25 год.

Будинок збудований з цегли та інших природних матеріалів, що не є легкозаймистими, тому можна впевнено сказати, що пожежу, яку неможливо потушити самому, допустити досить важко. У тому ж разі, якщо пожежа таки сталася і почала нарощувати сили варто здійснювати евакуацію із кімнати швидко та чітко, а основне – без паніки.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Рівень шуму на робочому місці

Шум на робочому місці шкідливо впливає на умови праці, а як наслідок – і на самий організм людини.

Люди, що працюють в умовах постійного шуму, починають відчувати дратівливість, запаморочення, різкі головні болі, підвищений рівень стомленості, втрату концентрації, розсіювання уваги, болі у вушних проходах, втрату апетиту та багато чого іншого. Такі шкідливі умови роботи врешті-решт викликають негативні зміни в емоційному здоров'ї людини та різноманітні стресові ситуації. Шум сприяє порушенню фізіологічних функцій людини та мовної комунікації, посилює нервово-психічну напругу. Усе вищенаведене знижує продуктивність людини та її працездатність.

У приміщенні, що розглядається, рівень шуму лежить у допустимих нормах у зв'язку з відсутністю пристроїв, незважаючи на один ПК, що могли б викликати постійний шум. Вікна є звукоізолюючими і не пропускають сторонній шум з двору. Тому впевнено можна сказати, що рівень шуму на робочому місці задовольняє норми і не викликає негативних наслідків, описаних вище.

5.8 Ергономіка робочого місця

Робоче місце та розташування усіх його складових має відповідати не лише фізичним і антропометричним нормам, а й психологічним. При організації робочого місця значну вагу потрібно звертати на достатній робочий простір, що дозволяв би відтворювати усі необхідні операції, та оптимальне розміщення устаткування, включеного до робочого місця.

До ергономічних аспектів робочого місця відносять наступне: розмір простору для нижніх кінцівок, висота робочої поверхні, вимоги до поверхні робочого столу та стільця, можливість регулювання елементів робочого місця тощо.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головними елементами робочого місця виступають у даному випадку стіл, стілець та ПК. Основний спосіб виконання роботи – положення сидячи.

Поза сидячи хоч і викликає стомлення, проте воно є мінімальним, якщо порівнювати із, наприклад, позою стоячи. Раціональне та ефективне планування робочого місця вимагає чіткий порядок. Ті речі, що потрібні для роботи частіше (у нашому випадку ПК, листи та ручка), мають бути розміщені у зоні легкої досяжності робочого простору.

Для комфортної роботи важливо звертати суттєву увагу і на вибір стола, що повинен відповідати наступним вимогам:

1. висота столу має бути вибрана, враховуючи потребу вільно сидіти у зручній позі;
2. нижня частина столу повинна бути такою, щоб людина, що ним користується, мала змогу зручно сидіти, не підтискаючи ноги під себе;
3. у столі мають бути наявні висувні ящики для зберігання важливих матеріалів для роботи, канцелярського обладнання тощо;
4. поверхня робочого столу не має створювати відблиски у полі зору людини;
5. рекомендована висота стола – у межах 680-760 мм.

Варто звернути увагу не лише на робочий стіл, а й на стілець. Висота сидіння має бути в межах від 420 до 550 мм. Поверхня стільця повинна бути м'якою, а краї заокругленими. Було б добре, якби кут нахилу спинку міг регулюватися.

Доцільно надавати велике значення і робочій позі користувача, адже при неправильній позі легко можуть виникнути болі у м'язах, суглобах чи сухожиллях. Серед вимог до робочої зони користувача виділяють: розслабленість плеч; горизонтальне положення передпліччя та долонь рук; лікті під кутом 80-100°.

До причин неправильної пози користувачів відносять відсутність спеціального регулювання висоти робочого стола, стільця, нагромадженість предметів на робочому місці, недостатній простір для ніг. Вирішити дані

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проблеми можна за допомогою встановлення спеціальних столу та стільця з можливістю регулювання висоти, підставки для рук, підтримання порядку на робочому місці.

Як бачимо, для полегшення праці та приваблення її виконання надзвичайно важливо створювати сприятливі умови на робочому місці та правильно оформлювати останні.

Висновки до розділу 5

У даному розділі було розглянуто приміщення для написання дипломного проекту та виявлено, що умови праці відповідають вимогам, адже об'єм та площа задовольняють вимогам, а рівень шуму знаходиться у допустимих нормах.

Мікроклімат у приміщенні є майже оптимальним, варто лише проводити зволоження у холодний період часу та знижувати температуру повітря у теплу пору року.

Було виконано розрахунки стосовно освітлення приміщення і зроблено висновок, що необхідно використовувати LED лампи GLOBAL A60, світловий потік яких становить 2100 лк.

Проаналізована електро- та пожежна безпека у робочому приміщенні. Унаслідок аналізу виявлено, що варто звертати значну увагу на робочий стіл та стілець, позу виконання роботи, порядок на робочому місці.

Окрім цього, необхідно зважати на певні правила при роботі з ПК, до яких належать правильна поза, оптимальна відстань між очима та екраном комп'ютера, зручність роботи та можливість регулювання висоти столу і стільця, обов'язкові перерви між роботою на ПК.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті було здійснено розробку навчального стенду під назвою “Фланцеві з’єднання трубопроводів”, призначення якого полягає в проведенні практичного навчання персоналу з технічного обслуговування і ремонту фланцевих елементів трубопроводів і обладнання АЕС, в умовах максимально наближених до реальних, здійснення контролю якості виконаних робіт, перевірки набутих навичок.

Так як даний стенд призначений насамперед для перевірки фланцевих з’єднань саме на АЕС, у процесі написання дипломної роботи проаналізовано особливості атомної енергії та енергетики. Було з’ясовано, що атомна енергетика має коло переваг порівняно з іншими видами енергетики і безліч перспектив у майбутньому. Але поруч із перевагами, завжди існують і недоліки, серед яких можна виокремити небезпечні ситуації на АЕС. Але й вони досить часто трапляються саме з людського фактору, тобто через те, що персонал не простежив дійсну ситуацію на АЕС. Саме тому ми вважаємо, що необхідно проводити систематичне навчання ремонтного персоналу станції за допомогою НТЦ та спеціального навчального тренажера під назвою “Фланцеві з’єднання трубопроводів”. У ході роботи було виявлено, що для забезпечення автономної роботи необхідна гідравлічна станція, що буде виконувати всі

					<i>ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		101

поставленні завдання. Щоб зрозуміти конструкційні особливості та складові частини пристроїв гідравлічної станції, було розглянуто аналоги різноманітних установок, серед яких особливу увагу приділено випробувальним гідропресам.

Використання фланцевих з'єднань в трубопроводах обумовлено простотою збірки і можливістю заміни запірної арматури або фасонних виробів. Така конструкція забезпечує міцність стикування частин трубопроводу. Проте навіть і ці з'єднання варто періодично перевіряти на міцність і герметичність, тому вважаємо за доцільне розробити навчальний стенд, базою досліджень і випробувань якого буде саме цей тип з'єднань. Спроектована гідравлічна схема самого тренажера і його випробувальної станції. Також було здійснено розробку електричної схеми керування даним стендом, для досягнення простоти використання тренажера та естетичних, ергономічних характеристик.

Було проведено розрахунки втрати тиску по елементах та довжинах даного тренажера і виявлено, що для безвідмовної і коректної роботи, створення максимального тиску для випробування 2.4 МПа, необхідно забезпечити тиск у системі на рівні не меншому, ніж 4.5 МПа, а витрату у межах 50-60 л/хв. Згідно з отриманими даними зробили підбір гідравлічного обладнання, яке відповідає всім необхідним характеристикам і фізичним властивостям, головне з яких те, що воно виконане з нержавіючої сталі, адже робочою рідиною є вода. Також провели підбір електричного обладнання, згідно з електричною схемою.

Розроблено відповідну до вимог охорону праці:

1. Умови виконання робіт на тренажері відповідають чинним санітарно-технічним нормам по температурі і вологості для навчальних приміщень, і забезпечуються системами опалення, вентиляції і кондиціонування.
2. Конструкція і компонування елементів Тренажера забезпечує безпеку під час їх експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

3. Вимоги пожежної безпеки Тренажера встановлені відповідно для приміщень категорії Д.
4. Загальні вимоги пожежної безпеки відповідають нормам на промислове обладнання. У разі загоряння не виділяється отруйних газів і димів.
5. Конструкція обладнання тренажера і його окремих частин виключає можливість їх падіння, перекидання і самовільного зміщення при усіх передбачених умовах експлуатації і монтажу (демонтажу). Якщо через форми виробничого обладнання, розподілу мас окремих його частин і (або) умов монтажу (демонтажу) не може бути досягнута необхідна стійкість, то передбачені засоби і методи закріплення.
6. Елементи конструкції устаткування не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що представляють джерело небезпеки, якщо їх наявність не визначається функціональним призначенням обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555
2. Атомна енергетика. URL: <https://www.sunpp.mk.ua/uk/nuclear>
3. Енциклопедія сучасної енергетики. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=44608
4. Маркевич К. Ядерна енергетика у світі та Україні: поточний стан та перспективи розвитку/ К. Маркевич, В. Омельченко // Центр Разумкова. – 2015. – 26 с.
5. World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>

					<i>ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

6. Кн. 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі/ [Бурячок Т.О., Буцьо З.Ю., Варламов Г.Б. та ін.]. – К., 2006. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5>.
7. Принцип роботи АЕС. URL: <https://www.sunpp.mk.ua/uk/node/123>
8. Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї. URL: <https://uatom.org/index.php/zagalni-vidomosti/>
9. План реагування функціональної підсистеми єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру "Безпека об'єктів ядерної енергетики". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0093578-10>
10. Система аварійного реагування ВП «Рівненська АЕС». URL: <https://www.rnpp.rv.ua/emergency-response.html>
11. Підготовка персоналу. URL: <https://www.rnpp.rv.ua/training-staff.html>
12. Підготовка персоналу. URL: <http://www.xaes.org.ua/store/pages/ukr/khnppperseduc/latest>
13. "Енергоатом" відкрив на базі ЗАЕС унікальний тренажерний комплекс для підготовки персоналу. URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/2111726-energoatom-vidkriv-na-bazi-zaes-unikalniy-trenajerniy-kompleks-dlya-pidgotovki-personalu.html>
14. 1450 Pressure Test Pump. URL: <https://www.ridgid.com/us/en/1450-pressure-test-pump>
15. 1460-E Electric Test Pumps. URL: <https://www.ridgid.eu/gb/en/1460e-electric-test-pumps>
16. Насосная станция для гидравлических испытаний. URL: http://www.enerprom-spb.com/catalog/nasosnye-stancii/ispitatelnye_nasosnye_stancii/nasosnaya_stanciya_dlya_gidravlicheskih_i_spytanij/
17. ГОСТ 25821-83 ЖИДКОСТЬ ПГВ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-25821-83>

- 18.ДСТУ ГОСТ 12820:2008 Фланці сталеві плоскі приварні на Ру від 0,1 до 2,5 МПа (від 1 до 25 кгс/см²). Конструкція і розміри. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=51119
- 19.ДСТУ ГОСТ 12821:2008 Фланці сталеві приварні встик на Ру від 0,1 до 20,0 МПа (від 1 до 200 кгс/см²). Конструкція і розміри. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=5637
- 20.ДСТУ ГОСТ 12822:2008 Фланцы стальные свободные на приварном кольце. На Ру ОТ 0,1 ДО 2,5 МПа (ОТ 1 ДО 25 кгс/см²). Конструкция и размеры. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=51201
- 21.Фланцеві з'єднання, що це таке? Типи фланцевих з'єднань. URL: <http://systema-a.com.ua/publikatsii/flantsevyh-soedineniya-chto-eto-takoe-tipy-flantsevyh-soedinenij/>
- 22.Основные характеристики и назначение фланцевых соединений. URL: <https://jafar-rus.ru/news/articles/osnovnye-kharakteristiki-i-naznachenie-flantsevykh-soedineniy/>
- 23.Методичні вказівки до курсового проекту за курсом “ПРОЕКТУВАННЯ ОБ’ЄМНИХ ГІДРОПРОВОДІВ” для студентів з фаху “ГІДРАВЛІЧІ І ПНЕВМАТИЧНІ МАШИНИ”/[уклад. В.К. Буслов]; *Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т"*. — К. : НТУУ "КПІ", 2008. — 80 с.
- 24.ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. Розділ 1 Загальні правила. Гл.1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки. — К.:ОЕП "ГРІФЕ", 2006.— 77с.
- 25.Ленточная пила FDB Maschinen SG 220 HD. URL: <https://www.valeon.com.ua/shop/product/lentochnaia-pila-fdb-maschinen-sg-220-hd>
- 26.UMC-750. URL: <https://www.haascnc.com/ru/machines/vertical-mills/universal-machine/models/umc-750.html>
- 27.«Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». ДСН 3.3.6.042-99. [Електронний ресурс]: ДСН 3.3.6.042-99.— Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

28.. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. Изменения, 1987.

29.СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы. URL:
http://snipov.net/c_4624_snip_95865.html

					<i>ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						106
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А. ЗОНА РОЗТАШУВАННЯ ТРЕНАЖЕРА

					ДП01.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка 1 (рис.Б.1):

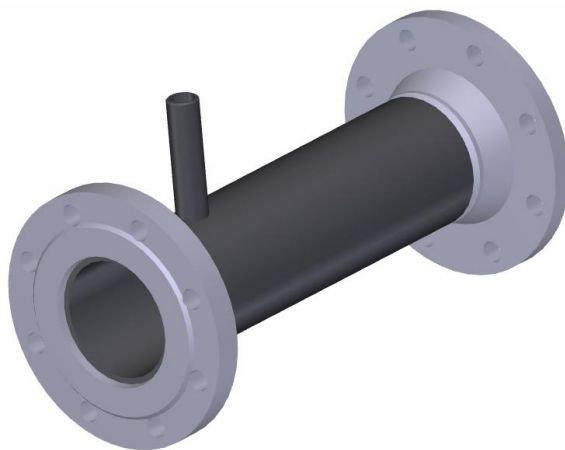


Рис.Б.1. Діляка 1

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100 А-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12820-80;
- Фланець 8-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ділянка 2 (рис.Б.2):

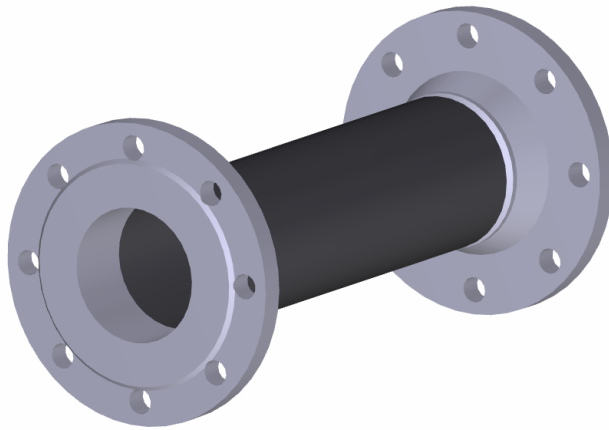


Рис.Б.2. Діляка 2

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;
- Фланець 9-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 3 (рис.Б.3):

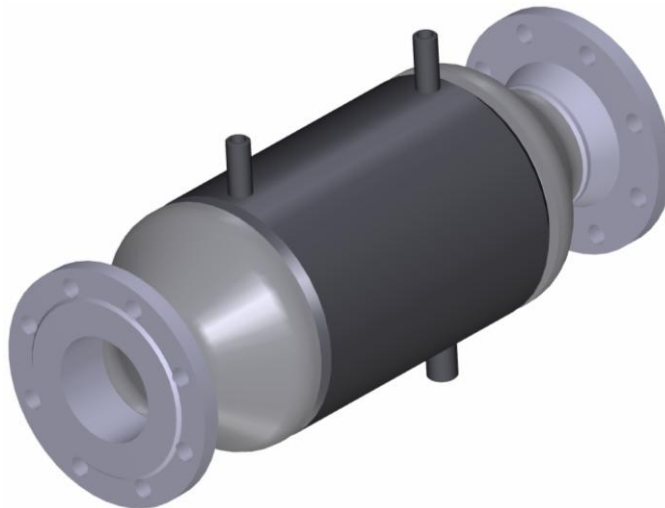


Рис.Б.3. Діляка 3

Характеристика:

- загальна довжина 600 мм;
- Переход К-219 х 10-108 х 6 ГОСТ 17378-2001;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 4 (рис.Б.4):

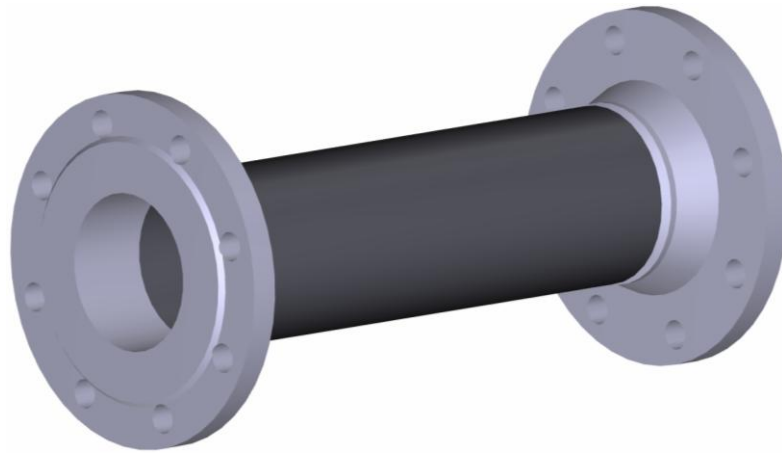


Рис.Б.4. Діляка 4

Характеристика:

- загальна довжина 600 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 6 (рис.Б.5):

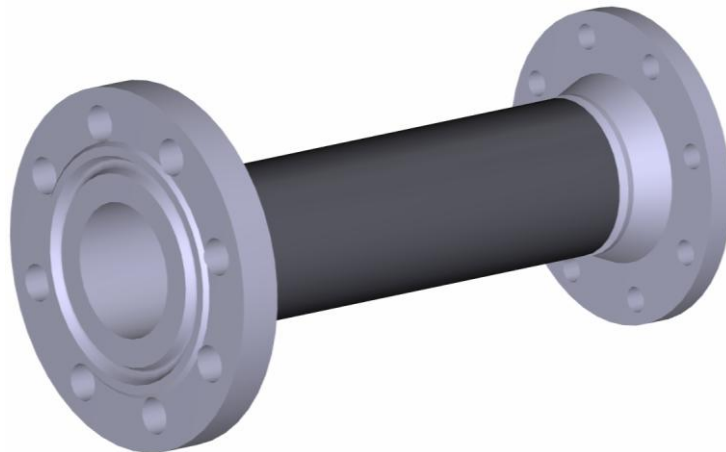


Рис.Б.5. Діляка 6

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

- Фланець 7-100-63 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 7 (рис.Б.6):

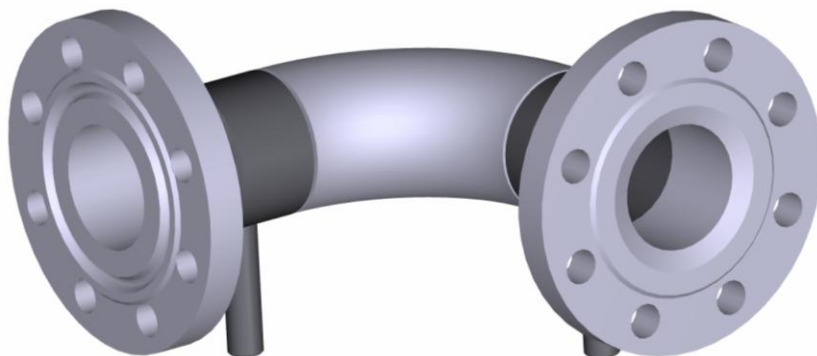


Рис.Б.6. Діляка 7

Характеристика:

- загальна довжина 300х300 мм;
- Відвід 90-108 х 5-09Г2С ГОСТ 17375-2001;
- Фланець 6-100-63 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;
- Фланець 7-100-63 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 8 (рис.Б.7):

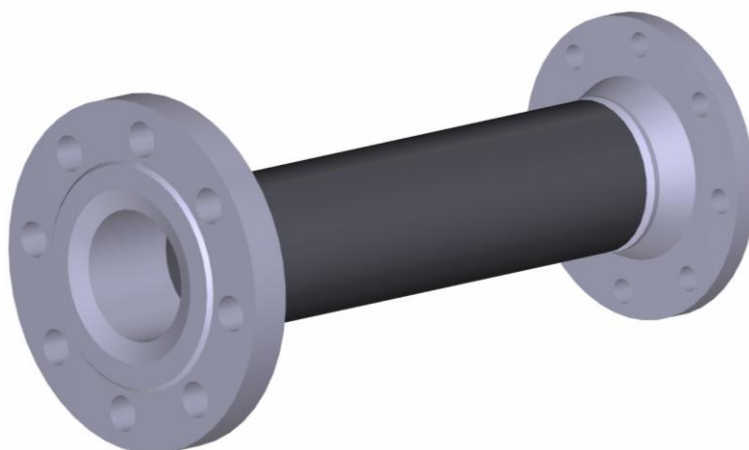


Рис.Б.7. Діляка 8

Характеристика:

- загальна довжина 503 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

- Фланець 6-100-63 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 9 (рис.Б.8):

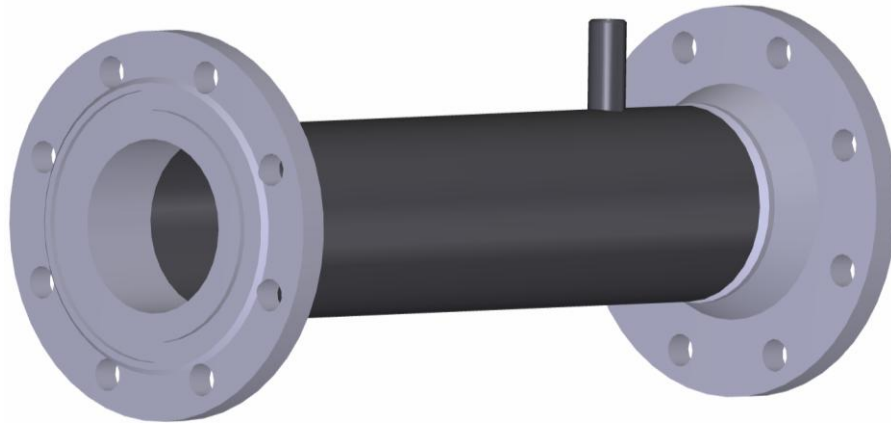


Рис.Б.8. Діляка 9

Характеристика:

- загальна довжина 503 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;
- Фланець 5-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 10 (рис.Б.9):

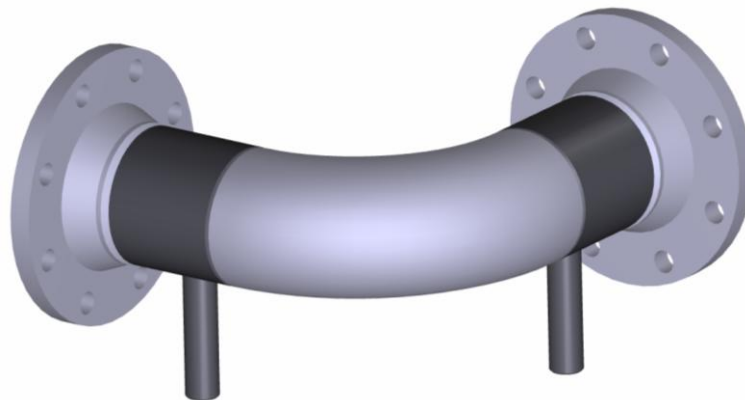


Рис.Б.9. Діляка 10

Характеристика:

- загальна довжина 300х300 мм;
- Відвід 90-108 х 5-09Г2С ГОСТ 17375-2001;
- Фланець 3-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

- Фланець 4-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 11 (рис.Б.10):

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80;
- Фланець 2-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

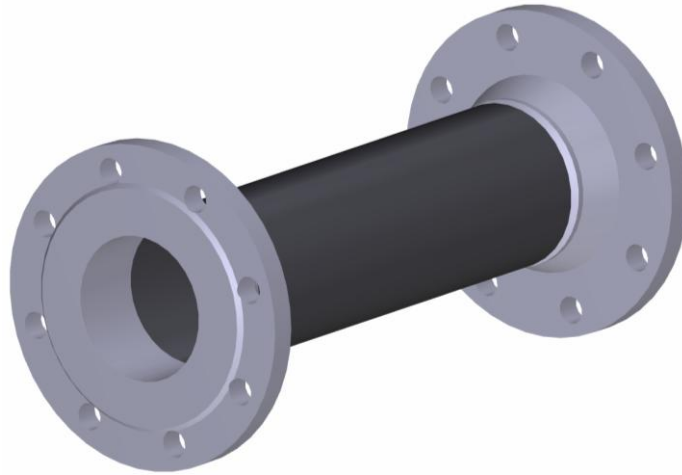


Рис.Б.10. Діляка 11

Ділянка 14 (рис.Б.11):

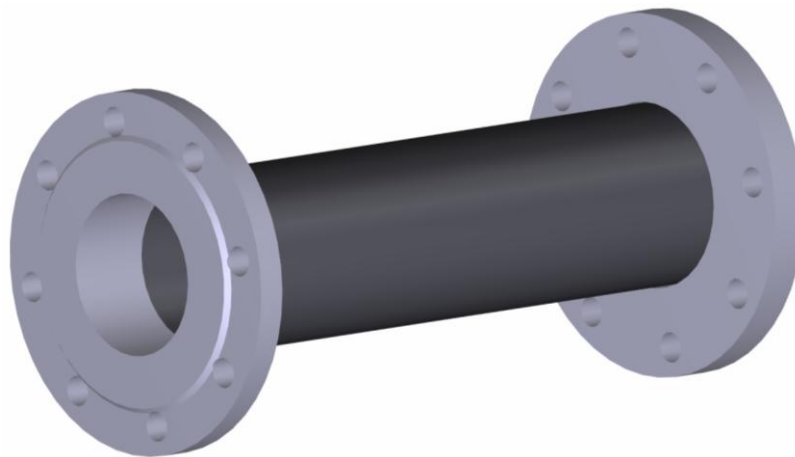


Рис.Б.11. Діляка 14

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100 А-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12820-80;

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

- Фланець 1-100-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12821-80.

Ділянка 15 (рис.Б.12):

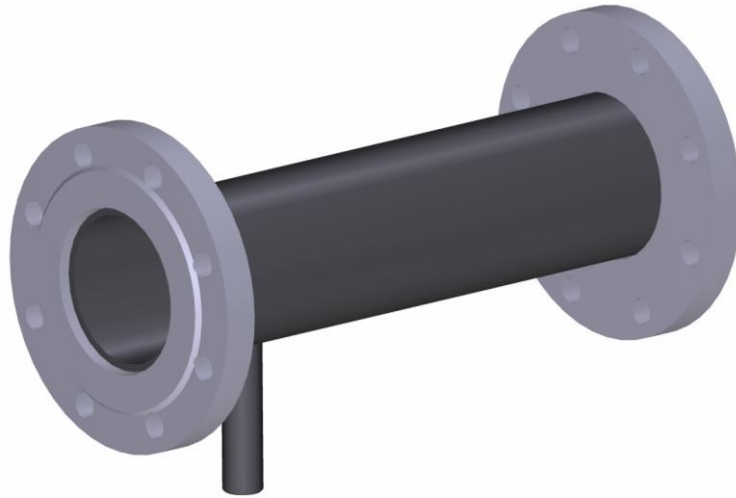


Рис.Б.12. Діляка 15

Характеристика:

- загальна довжина 442 мм;
- Фланець 1-100 А-16 12Х18Н9Т ГОСТ 12820-80.

ДОДАТОК В. РОЗРАХУНОК ОПОРИ ТРЕНАЖЕРА НА МІЦНІСТЬ

					ДПО1.МА5105.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
						115
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		